39.82я2
Т 65
2839/т

МИНИСТЕРСТВО КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РСФСР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАМВАЕВ И ТРОЛЛЕЙБУСОВ

ТРАМВАЙНЫЙ СПРАВОЧНИК

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА
КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА
РСФСР
1948

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ

обозначенного здесь срока

Типогр. «Кр. Печатник». Зак. 547. Тир. 1000000.

39.82я2
Т65

МИНИСТЕРСТВО КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАМВАЕВ И ТРОЛЛЕЙ

625.462
Т76

ТРАМВАЙНЫЙ СПРАВОЧНИК

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

Москва 1948 Ленинград

„Трамвайный справочник“ (второе переработанное издание) предназначается для руководящего и инженерно-технического персонала трамвайных предприятий. В разделах Справочника: „Технико-экономические показатели“, „Организация трамвайного движения“, „Путевое хозяйство“, „Подвижной состав“, „Трамвайные парки (депо) и вагоноремонтные мастерские“, „Кабельная сеть“, „Контактная сеть“, „Тяговые подстанции“, „Грузовые перевозки на трамвае“ приводятся справочные данные, эксплоатационные, построечные и ремонтные нормы, допуски, технические правила и инструкционные указания по всем основным видам оборудования и специальных конструкций трамваев СССР.

Характеристика эксплоатационно-производственных процессов дана применительно к действующим Правилам технической эксплоатации трамваев, а также директивным и инструктивным указаниям Министерства коммунального хозяйства РСФСР.

Второе переработанное издание „Трамвайного справочника“ было подготовлено к изданию Д. И. Бондаревским, В. К. Петровым и В. Г. Сосяниц под редакцией К. К. Клопотова.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Исторические победы советского народа, одержанные над немецкими захватчиками и японскими империалистами под водительством Генералиссимуса Советского Союза товарища Сталина, положили основу дальнейшего укрепления могущества нашей родины, экономического и культурного развития Советского Союза.

Закон о пятилетнем плане развития и восстановления народного хозяйства СССР на 1946 — 1950 гг., принятый Верховным Советом Союза ССР, устанавливает конкретные задания в области роста производства и капитального строительства, повышения материального и культурного уровня жизни народа.

Наряду с задачами первоочередного восстановления и развития тяжелой индустрии и железнодорожного транспорта, дальнейшего технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства, создания в стране изобилия основных предметов потребления и повышения народного дохода и народного потребления, наряду с задачей дальнейшего повышения обороноспособности СССР, пятилетний план ставит большие задачи в области восстановления, развития и благоустройства городов и сел, улучшения условий жизни трудящихся.

Большие работы предстоит осуществить в области городского транспорта. В течение ближайших пяти лет трамвайно-троллейбусные предприятия в городах СССР оснастятся 1750 новыми трамвайными вагонами и 3000 новых троллейбусных машин усовершенствованных типов.

Во многих городах союзных республик будут построены и введены в эксплоатацию новые трамвайные и троллейбусные предприятия, будет закончено восстановление городского электротранспорта в городах, разрушенных немецкими захватчиками.

Одновременно с этим в течение послевоенной пятилетки в подавляющем большинстве эксплоатирующихся трамвайно-троллейбусных предприятий предстоит выполнить весьма

значительные работы по упорядочению их состояния, устранению в кратчайший срок недоремонтов подвижного состава, путевого и электрохозяйства, возникших в период военного времени, а также по улучшению качества эксплоатации, реконструкции и расширению вагоноремонтного хозяйства и производственных баз.

Возросшие потребности городского населения в перевозках обязывают максимально использовать резервы, имеющиеся в каждом предприятии.

Главнейшими резервами увеличения пассажирских перевозок являются: укрепление и неуклонное соблюдение производственной дисциплины, четкое выполнение правил технической эксплоатации, увеличение пробега и регулярности движения подвижного состава с устранением возвратов и простоев последнего по техническим неисправностям, повышение квалификации и производительности труда работников трамваев и троллейбусов.

В течение ближайшего пятилетия предстоит выполнить большие ответственные работы по упорядочению технического состояния путевого хозяйства трамваев, что имеет первостепенное значение в улучшении работы городского транспорта.

В свете указанных больших задач, стоящих перед работниками городского электротранспорта, резко возрастают требования, предъявляемые к инженерам и техникам, мастерам и бригадирам, начальникам служб, цехов и производственно-эксплоатационных объектов трамваев и троллейбусов, которые должны в совершенстве владеть техникой своего дела, умело и инициативно использовать все средства и возможности в целях постоянного улучшения транспортного обслуживания трудящихся, неустанно работать над повышением квалификации производственного персонала.

Второе издание «Трамвайного справочника» преследует цель оказать помощь работникам трамвайных предприятий в осуществлении указанных задач.

Первое издание Справочника, вышедшего около 10 лет тому назад, имело ряд недостатков, отличалось недостаточной конкретностью материалов и не соответствует тем изменениям в условиях эксплоатации трамваев и в типах применяемого оборудования, которые произошли за истекшие годы.

Поэтому при подготовке «Трамвайного справочника» к переизданию он был подвергнут коренной переработке с тем, чтобы дать работникам трамваев конкретный и ути-

литарный материал по вопросам, наиболее часто встречающимся в процессе эксплоатации. Исходя из этого, в Справочнике приводятся данные, относящиеся к эксплоатирующемуся в трамваях СССР оборудованию, установленным эксплоатационным и технологическим процессам, применительно к действующим правилам, нормам и инструктивным указаниям Министерства коммунального хозяйства РСФСР. Теоретические выводы и описательная часть в Справочнике сокращены до минимума за счет максимального расширения допусков, норм, укрупненных измерителей и различных характеристичных данных.

В 1947—1948 гг. промышленность начала выпускать трамвайные вагоны новых типов — двухосные моторные (КТМ-1) и прицепные (КТП-1) и четырехосные моторные (МТВ-82).

Краткие справочные данные по этим вагонам даны в приложении.

В связи с ограничением объема Справочника, необходимостью ускорить его издание и изложить материал применительно к нуждам, главным образом, эксплоатационного персонала отдельные разделы Справочника изложены весьма сжато или опущены, хотя и желательно иметь их в такого рода издании (общие справочные данные по математике, механике, электротехнике и т. п., характеристика технологического оборудования, строительных конструкций, оборудования вагонов М-38, расчеты путевых спецчастей и пр.). По этим же причинам ГОСТы, правила, инструкции и технические условия изложены преимущественно в выдержках.

Из-за задержки издания Справочника отдельные приведенные данные устарели, что потребовало их изменения уже в процессе печатания справочника, что и было произведено в пределах возможного.

Однако и в настоящем виде, несмотря на возможные недостатки, «Трамвайный справочник» представляет большую практическую ценность для работников трамвайных предприятий в деле четкого и бесперебойного транспортного обслуживания трудящихся в городах Советского Союза.

Начальник Главного управления трамваев и троллейбусов
Министерства коммунального хозяйства РСФСР

К. Клопотов

Раздел I

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

1. ИЗМЕРИТЕЛИ РАБОТЫ ТРАМВАЙНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Количественная характеристика размеров трамвайного предприятия определяется следующими основными измерителями:

а) числом моторных и прицепных вагонов; б) длиной путевой сети по оси улиц и длиной одиночного пути (в км), с выделением длины эксплоатационных путей; в) числом и установленной мощностью подстанций (в квт); г) длиной воздушной и кабельной сетей (в км); д) числом и вместимостью парков (в вагоно-местах); е) производственной мощностью мастерских и ремонтного завода; ж) общим числом рабочих и служащих предприятия.

Мощность и техническое состояние основных элементов оборудования трамвайного предприятия характеризуются следующими данными:

Подвижной состав

Техническая характеристика вагонов дается в объеме сведений, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика вагонов

Тип вагона												
Количество вагонов												
Год постройки												
Завод-изготовитель												
Тип кузова и конструкции												
Число мест для сиденья												
Тип тормозного оборудования												
Тип тележки												
Число осей												
Тип мотора												
Тип контроллера												
Прочие сведения												

Примечание. Характеристикой трассы являются сведения об общем протяжении кривых радиусом до 50 м и от 50 до 100 м, о длине участков путей с уклонами более 5%, о длине однопутных участков, числе разъездов, числе автоматических стрелок и пр.

Насыщение города трамвайной сетью определяется показателем плотности сети по городу (отношение длины сети к площади города).

Электрохозяйство

Техническая характеристика элементов электрохозяйства должна освещать следующие вопросы:

По подстанциям:

1) тип здания и год постройки подстанции; 2) число, тип и мощность агрегатов; 3) системы питания током высокого напряжения и его величину (в киловольтах); 4) системы охлаждения машин.

По контактной сети:

1) длину подвешенного провода (в км); 2) материал, профиль и сечение контактного провода (в мм²); 3) распределение длины сети по типам подвески (односторонние и двухсторонние кронштейны, тросы с боковыми столбами, растяжки с розетками в стенах зданий и т. п.); 4) распре-

Таблица 2

Техническая характеристика сети путей

Тип основания	Год постройки	Длина участков одиночного пути, км	В том числе на оборудованном дренажем и прочими водоотводными устройствами	Длина участков одиночного пути, км	Тип покрытия	Тип рельсов	Год укладки	Длина участков одиночного пути, км	Количество специальных частей				Характеристика трасс
									Стрелок		Крестовин		
									литых	сборных	литых	сборных	

деление длины сети по степени износа контактного провода (в процентах).

По кабельной сети:

1) длину питающей и отсасывающей сетей (в км); 2) распределение сети по типам кабелей (марки и сечения) и годам их укладки; 3) количество и типы кабельных ящиков в сети; 4) максимальную и среднюю потери напряжения в питающей и отсасывающей сетях.

Ремонтное хозяйство (парки, мастерские и вагоноремонтные заводы)

Техническая характеристика парка должна содержать сведения о типе (тупиковый, сквозной) и размерах вагонного сарая (число и длина канав), числе вагонов-мест в мастерских текущего и периодического ремонтов, длине открытых путей парка, системе организации приемки, осмотра и выпуска вагонов.

Производственная мощность вагоноремонтного завода или отдельных цехов характеризуется данными об их пропускной способности, основном оборудовании и организации работ.

Кадры

Характеристика обслуживающего персонала трамвайного предприятия должна освещать следующие вопросы: 1) общее количество работников предприятия с разбивкой по основным категориям и структурным подразделениям; 2) среднее (списочное) число вагоновожатых на один моторный вагон в движении; 3) среднее (списочное) число кондукторов на один вагон в движении; 4) систему оплаты труда и премирования вагоновожатых, кондукторов, рабочих и административно-технического персонала предприятия; 5) организацию культурно-бытового обслуживания работников предприятия (степень обеспеченности жилплощадью, столовыми, буфетами, детскими садами, клубами и пр.).

Общеэксплоатационные показатели

Для оценки работы трамвайного предприятия в целом и отдельных его участков применяются следующие главнейшие измерители.

1. Количество перевезенных пассажиров (за отчетный или исследуемый период, например, за год).

2. Количество выполненных пассажиро-километров (произведение числа пассажиров на среднюю длину поездки в км).

3. Общий пробег вагонов, с указанием слагаемых — чисел вагоно-километров для моторных и прицепных вагонов.

4. Коэффициент использования подвижного состава (отношение ежедневно выпускаемых вагонов к числу инвентарных вагонов).

5. Средняя эксплоатационная скорость в км/час. (частное от деления числа моторных вагоно-километров на общее число часов пребывания моторных вагонов на линии за тот же период).

6. Себестоимость перевозки одного пассажира или приходящаяся на один пассажиро-километр (отношение общей суммы эксплоатационных расходов вместе с амортизационными отчислениями к общему числу перевезенных пассажиров или пассажиро-километров).

Примечание. Для оценки производственной деятельности предприятия применяются также и другие измерители себестоимости — на одно место-километр и один приведенный вагоно-километр; в последнем случае коэффициенты приведения (по стоимости) принимают: для моторного двухосного вагона — 1,0, для прицепного двухосного — 0,5, для моторного четырехосного — 1,35, для прицепного четырехосного — 0,75.

7. Средний коэффициент наполнения вагонов, характеризующий качество перевозок пассажиров (частное от деления числа выполненных пассажиро-километров на число предоставленных место-километров).

При упрощенных расчетах пользуются измерителем — число пассажиров на один вагоно-километр (с приведением вагоно-километров по вместимости вагонов).

8. Расход электроэнергии на приведенный вагоно-километр. Ранее коэффициенты приведения принимались те же, что в примечании к п. 6. С 1946 г. Главтрамваем МКХ РСФСР на основе данных московского трамвая приняты следующие коэффициенты приведения пробега: для двухосных моторных вагонов — 1,0; двухосных прицепных вагонов — 0,5; четырехосных моторных вагонов (коломенского типа) — 1,32; четырехосных вагонов нового типа (М-38) — 1,9.

9. Число сходов вагонов с рельсов в абсолютном выражении и на 100 тыс. общих вагоно-километров.

10. Число наездов и столкновений в абсолютном выражении и на 100 тыс. моторных вагоно-километров.

11. Число пострадавших при движении пассажиров в абсолютных цифрах и на 1 000 тыс. перевезенных пассажиров.

12. Общая длительность задержек движения вагонов на линии в абсолютном выражении (в вагоно-часах) и в процентах от общего количества вагоно-часов по расписанию. При исчислении потерь времени от задержек учитываются все задержки на линии и при выпуске из парков продолжительностью свыше 3 мин., за исключением задержек не по вине предприятия (демонстрации и т. п.).

Служба движения

1. Число выполненных рейсов в процентах от общего числа рейсов: а) по жесткому расписанию [1], б) по установленной продолжительности пробега.

2. Средняя суточная продолжительность работы вагона на линии в часах (частное от деления общего числа отработанных на линии вагоно-часов на число вагоно-дней).

3. Маршрутный коэффициент — отношение суммы длин всех маршрутов к длине сети (по оси улиц).

4. Средняя насыщенность сети подвижным составом — число вагонов на 1 км сети по оси улиц.

5. Средняя частота движения по сети — количество поездов, проходящих в час в одном направлении (частное от деления числа моторных вагоно-километров за один час на удвоенную длину сети по оси улиц).

6. Среднее число пассажиров, перевозимых одним вагоном (в год или в сутки).

7. Измерители производительности труда:

а) для кондукторов — число проданных билетов на одного кондуктора;

б) для вагоновожатых — число моторных вагоно-километров на одного вагоновожатого.

Кроме того, при оценке работы службы движения пользуются общеэксплоатационными показателями, указанными выше.

---

[1] Отклонения от расписания на контрольных пунктах допускаются ± минута.

Служба подвижного состава
(по каждому парку или депо)

1. Количество выпускаемых на линию вагонов в абсолютных цифрах и в процентах от числа назначенных к выпуску по наряду.

2. Коэффициент использования вагонов по выпуску инвентаря: а) по моторным вагонам, б) по прицепным вагонам.

3. Коэффициент возврата вагонов в парк по неисправности (в процентах от числа выпускаемых на линию вагонов).

4. Простои вагонов на запасных путях на линии (в вагоно-часах и в процентах от общего числа вагоно-часов работы на линии по расписанию).

5. Опоздание вагонов при выпуске (в вагоно-часах) и количество вагонов, вышедших из парка с опозданием (в абсолютных цифрах и в процентах от общего числа выпускаемых вагонов).

6. Измеритель производительности труда — число всех работников, занятых по содержанию и ремонту вагонов, приходящееся на один выпускаемый на линию приведенный (двухосный моторный) вагон.

Кроме указанных измерителей, при оценке работы службы, подвижного состава пользуются измерителем — сходы по вине службы подвижного состава.

Примечание. Коэффициенты приведения: для моторного двухосного вагона — 1,0, прицепного двухосного — 0,3, моторного четырехосного — 1,3—1,5, прицепного четырехосного — 0,6.

Служба пути

1. Протяжение путей, закрытых для движения с нормальной скоростью (в километрах и процентах от общей длины эксплоатационных путей).

2. Относительная длительность закрытия путей для движения с нормальной скоростью (в процентах):

$$\frac{\text{число дней закрытия} \times \text{длина закрытых путей} \times 100}{\text{число дней работы трамвая} \times \text{общая длина эксплоатируемых путей}}$$

3. Число сходов вагонов с рельсов по вине службы пути в абсолютном выражении и на 100 тыс. общих вагоно-километров.

4. Количество пропущенных тонно-километров, приходящееся в среднем на один километр одиночного пути (измеритель интенсивности использования путей движением).

Для сети в целом этот показатель исчисляется как произведение общего пробега вагонов на средний вес вагона (с нагрузкой при среднем наполнении), деленное на общую длину эксплоатационных путей.

5. Количество работников, занятых по текущему ремонту и содержанию путей, приходящееся на 1 км одиночного пути (измеритель производительности труда).

Служба электрохозяйства

1. Общая длительность перерывов в токоснабжении сети по вине службы (в часах), вызвавших задержки движения свыше 3 минут.

2. Количество вагоно-часов простоя на линии по вине службы электрохозяйства.

3. Количество аварий элементов оборудования электрохозяйства (подстанций, кабельной сети и контактной сети), приходящееся на 1 млн. квт отпущенной электроэнергии.

4. Коэффициент использования мощности подстанций (частное от деления средней нагрузки в киловаттчасах за часы движения на сумму паспортных мощностей всех агрегатов, установленных на подстанции).

5. Количество работников службы, приходящееся на 1 км контактной сети одиночного пути (измеритель производительности труда).

Вагоноремонтные мастерские или заводы

1. Процент выполнения предприятием производственного плана (по выпуску продукции, себестоимости, производительности труда).

2. Процент брака выпускаемой продукции.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЖИДАЕМОГО КОЛИЧЕСТВА ПАССАЖИРОВ

Ожидаемое количество пассажиров A на общественном транспорте может быть исчислено ориентировочно по формуле:

$$A = Pn,$$

где: P — количество населения данного города,
n — среднее число поездок в год на одного жителя с использованием общественного транспорта.

Величина P обычно устанавливается планирующими органами и является величиной заданной. Если линиями общественного транспорта обслуживается не только территория города, но и пригороды, то расчетная величина P должна быть соответственно увеличена.

Величина n устанавливается в соответствии с действительными потребностями в передвижении населения и приезжих с помощью общественного транспорта. Эти потребности, а следовательно, и значения величины n различны для разных городов и периодов.

На величину «подвижности» населения влияют следующие основные факторы:

А. Величина города и размещение в нем населения, промпредприятий, культурно-бытовых учреждений, вокзалов. Подвижность населения в больших городах обычно выше, чем в малых.

Б. Уровень благосостояния населения. Повышение культурных потребностей и рост материального благосостояния населения в городах СССР вызвали в первой и второй пятилетках значительный рост подвижности (в $1^1/_2$—2 и более раза).

В. Количество временно пребывающих в городе — приезжих из пригородной зоны и других городов.

Подвижность приезжих обычно значительно выше подвижности постоянного населения.

Г. Качество обслуживания города общественным транспортом. Удобства, предоставляемые пассажирам при достаточной плотности сети и хорошо организованном движении (частота, регулярность и скорость движения, элементарный комфорт при поездке), повышают подвижность населения и абсолютные размеры перевозок общественного транспорта.

Д. Система тарифа и размер тарифных ставок за проезд на общественном транспорте. При понижении тарифа всегда наблюдается увеличение количества пассажиров, и наоборот. Введение пересадочных билетов представляет дополнительные удобства, а в некоторых случаях и удешевляет проезд. Оно способствует увеличению общего объема перевозок, хотя количество учтенных пассажиров (по билетам) сократится, так как при отсутствии пересадочных билетов каждая комбинированная поездка (с пересадкой) учитывается за две поездки.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ДЛИНЫ ПОЕЗДКИ

Средняя длина поездок пассажиров L изменяется не только по различным городам, но и в пределах данного города как по сети разных видов транспорта, так и по отдельным маршрутам. Она зависит, главным образом, от следующих факторов:

А. Размера и конфигурации площади города; с увеличением территории города возрастает и величина *L*; при вытянутой форме города средняя длина поездки больше, чем при компактной форме (круглой или квадратной).

Б. Длины сети городского общественного транспорта; чем большее протяжение имеют сеть и отдельные маршруты, тем больше величина *L* при прочих равных условиях.

В. Размещения в городе трудовых пунктов, культурно-бытовых учреждений и пр.; при плановом размещении основных элементов города дальность регулярных трудовых поездок сокращается.

Г. Скорость и удобства проезда; увеличение скорости передвижения позволяет совершать поездки большей дальности при одинаковой затрате времени.

Д. Системы тарифа; при едином тарифе средняя длина поездок пассажиров увеличивается[1] по сравнению с величиной *L* при поясном или участковом тарифе. Единый тариф способствует относительному увеличению числа пассажиров с большой дальностью поездок. При дифференцированном же тарифе (по расстоянию) возрастает число пассажиров, едущих на короткое расстояние.

Упрощенные эмпирические формулы для определения *L* в функции площади города, хотя бы для приближенных расчетов, не дают удовлетворительных результатов.

Поэтому для определения величины *L* необходимо:

а) производство периодических обследований пассажиропотоков для получения фактических сведений, характерных для данного города, отдельных маршрутов и определенных условий эксплоатации городского транспорта;

б) производство специальных расчетов по определению *L* для перспективного периода, на основе гипотезы о раз-

---

[1] В Ленинграде, например, введение единого тарифа на трамвае (1929 г.) повысило среднюю длину поездки с 3,6 до 4,0 км, а в Москве — с 3,4 до 3,8 км (1930 г.).

мещений населения, трудовых и иных пассажирообразующих и пассажиропоглощающих пунктов и выявление размеров пассажирооборота между отдельными районами и подрайонами (микрорайонами города).

Фактическая средняя длина поездки пассажиров на трамваях:

в городах с населением свыше	1 000	тыс. —	4—5 км
» » » »	от 500 до 1 000	» —	3,5 »
» » » »	от 200 до 500	» —	3,0 »
» » » »	менее 200	» —	2,5 »

В таблице 3 приводятся в качестве примера данные обследования фактического передвижения населения Ленинграда.

Таблица 3

Передвижение населения Ленинграда (в км)

Цель передвижений	Способ передвижения			
	всеми способами (в среднем)	трамваем и пешком	автобусом и пешком	пешком
На работу	4,7	5,5	4,7	2,0
На учебу	3,0	5,0	5,4	1,7
В столовые	2,8	3,7	4,2	2,0
За покупками	2,5	4,1	3,0	1,6
На прогулку	3,4	4,9	4,4	4,8
По культурным потребностям	3,4	4,3	5,0	1,2
В гости	4,3	5,0	3,7	1,5
По служебным и общественным делам	4,5	6,9	5,1	2,0
По лечебно-гигиеническим делам	2,8	4,2	4,7	1,6
По прочим целям	3,9	4,5	4,0	1,9
По всем целям (в среднем)	3,8	5,1	4,6	1,8

Влияние возраста и социального положения жителей на величину средней дальности передвижений (в условиях Ленинграда до войны) видно из табл. 4 и 5, полученных при том же обследовании.

Фактическое распределение трамвайных перевозок по дальности приведено в табл. 6 (по данным обследования, произведенного Лентрамвайтрестом в 1932 г.). Для сопоставления дано распределение перевозок по дальности на московской трамвайной сети (по материалам талонного обследования 1930 г.).

Таблица 4

Влияние возраста жителей на дальность передвижений

Возрастные группы населения	Средняя длина передвижений, км
От 8 до 14 лет . .	1,8
„ 15 „ 16 „ . .	3,7
„ 17 „ 25 „ . .	4,2
„ 26 „ 35 „ . .	4,2
„ 36 „ 45 „ . .	3,9
„ 46 „ 55 „ . .	3,7
Свыше 55 „ . .	3,3
По всем группам	3,8

Таблица 5

Влияние социального положения жителей на дальность передвижений

Соцнальные группы населения	Средняя длина передвижений, км
Рабочие	4,5
Служащие	4,2
Учащиеся	3,0
Домохозяйки	3,8
Прочие	3,3
По всем группам	3,8

Таблица 6

Распределение трамвайных поездок по дальности

Пункты	Длина поездок, км									Итого, %	Средняя длина поездки, км
	до 1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—7	7—10	10—15	15—23		
	Процент от общего количества поездок										
Ленинград (1932 г.)	8,1	18,1	18,6	15,7	11,9	14,9	9,0	3,1	0,6	100	3,9
Москва (1930 г.)	5,7	15,8	19,5	17,7	13,0	16,5	9,8	2,0	—	100	3,8

4. ПАССАЖИРОПОТОКИ, ОБСЛЕДОВАНИЯ ИХ И РАСЧЕТЫ

Пассажиропоток (годовой, суточный, в часы максимума движения) характеризуется числом пассажиров, проезжающих через данное сечение (точку) улицы или линии общественного транспорта в одном направлении в единицу времени.

Для улиц или линий общественного транспорта с двухсторонним движением обычно принимается, что суточные и годовые потоки для обоих встречных направлений одинаковы в любом сечении.

Пассажиропотоки на сетях городского транспорта постоянно изменяются как во времени (по сезонам и месяцам года, дням недели, часам суток), так и в пространстве (по участкам сети).

Эти изменения имеют в большинстве случаев определенную периодичность для каждого участка сети и поддаются изучению. Выявление закономерностей в изменении спроса на пассажирские перевозки является важнейшей задачей каждого транспортного предприятия, так как только хорошее знание потребностей в перевозках может обеспечить правильное обслуживание населения транспортом и эффективное использование транспортных средств.

Изучение пассажиропотоков осуществляется с помощью обследований, имеющих целью определить:

1) потребности населения в передвижениях и поездках;

2) фактические пассажирские перевозки по сетям городского транспорта.

Обследования первого вида производятся обычно при помощи специальных анкет. Обработка их дает ответы на важные вопросы: пункты посадки и выхода пассажиров, фактические длины поездок, пассажирооборот отдельных остановок, нагрузки отдельных участков сети, количество перемещений с использованием транспорта, количество пассажиров, вынужденных делать пересадки, и т. д.

Обследования по анкетному методу определяют действительную потребность населения в транспортном обслуживании. Результаты таких обследований не теряют своего значения в течение длительного времени. Поэтому повторное производство их требуется через 3—5 лет, если в городе имеют место значительные сдвиги в расселении населения и размещении трудовых пунктов. Существенным недостатком анкетного обследования является его сложность и высокая стоимость даже при неполном охвате населения (выборочное обследование) или категорий поездок (только трудовые) [1].

[1] Подробное описание техники анкетного обследования и обработки материалов — см. в статье «Анкетное обследование пассажиропотоков городского транспорта», в 1 выпуске Трудов научно-исследовательского института городского движения Моссовета. Гос. трансиздат, 1935 г., стр. 140—194.

28391

Обследования фактических пассажирских перевозок по сетям городского транспорта по способу их проведения можно подразделить на три категории:

1) талонные обследования, осуществляемые счетчиками, едущими в вагонах (на задней и передней площадках);

2) глазомерные обследования, проводимые постовыми счетчиками, фиксирующими путем записи наполнение проходящих вагонов (приближенно);

3) учет перевезенных пассажиров по записям кондукторов в путевых листах о числе проданных билетов.

Талонные обследования дают наиболее полные сведения, но они обходятся сравнительно дорого, а обработка материалов обследования сложна и трудоемка.

Талонные обследования дают материалы, характеризующие относительно устойчивые элементы движения (длина поездки, пассажирооборот остановочных пунктов). Они заметно изменяются лишь при расширении сети, изменении маршрутов, тарифной системы и т. п. Поэтому такие обследования достаточно производить 1—2 раза в год, применяя для регулярных обследований упрощенные методы.

Глазомерные обследования наполнения вагонов в определенных пунктах сети должны производиться систематически — не реже 4—6 раз в год. Они стоят недорого и дают достаточные сведения для решения важнейших текущих задач движения, в частности, правильного распределения вагонов по маршрутам, в соответствии с изменениями спроса на перевозки.

Учет пассажиров по записям кондукторов в путевых листах о числе проданных билетов дает приближенные сведения о количестве пассажиров, проехавших по каждому тарифному участку, отдельным маршрутам, рейсам и часам дня лишь при наличии дифференциальной тарифной системы (станционной с перекрытием или участковой). При единообразном тарифе этот метод учета пассажиров совершенно непригоден.

Результаты обработки материалов обследований используются:

а) при решении текущих оперативных вопросов улучшения обслуживания пассажиров и повышения эффективности использования наличного подвижного состава общественного транспорта путем внесения

обоснованных коррективов в маршрутную систему и в распределение вагонов по линиям (изменение нарядов и расписаний), в соответствии с изменениями спроса на перевозки;

б) при перспективном планировании и разработке проблемы развития и реконструкции городского транспорта, а также при решении задач планировки города и уличной сети.

Расчеты перспективных пассажиропотоков производятся на основе установленной схемы расселения, размещения промышленных и обслуживающих предприятий, культурно-бытовых учреждений, вокзалов и пр. Для установления направлений и дальности основных категорий поездок определяется пассажирообразующая и пассажиропоглощающая способность определенных пунктов и отдельных районов города. Для удобства анализа и расчета вся площадь города (на расчетный год) разделяется на микрорайоны. Их число и размеры определяются городскими размерами и экономической характеристикой отдельных частей города.

При членении площади города на микрорайоны рекомендуется использовать естественные и искусственно сложившиеся рубежи (русла рек и каналов, железные дороги, зеленые массивы), а в некоторых случаях и административные границы районов. Это облегчает подсчеты численности населения.

Деление города на условные квадраты затрудняет расчеты, контроль и анализ результатов подсчетов численности населения.

Экономическая характеристика микрорайонов с точки зрения пассажирооборота базируется, в основном, на: а) количестве населения микрорайона, б) количестве и размерах предприятий, универмагов, стадионов, театров и тому подобных пунктов массового посещения, характеризующих пассажиропоглощающую способность микрорайона [1].

Связи с другими районами устанавливаются применительно к схеме расселения (в отношении трудовых поездок) и по соображению о вероятности поездок в другие районы по культурно-бытовым целям.

---

[1] При обратных поездках пункты назначения становятся пунктами отправления пасажиров и, следовательно, процессы пассажиропоглощения, и пассажирообразования взаимно изменяются.

5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Основные требования, предъявляемые к городскому транспорту любого вида, сводятся к обеспечению быстроты, дешевизны, безопасности и удобства поездок для пассажиров и к устранению помех от работы транспорта для жителей города.

Общая затрата времени на поездку определенной дальности зависит от скорости сообщения и величины дополнительных затрат времени, связанных с пользованием тем или иным видом транспорта (подход к остановочному пункту, ожидание, пересадка и пр.).

Скорость сообщения зависит, в свою очередь, от:

а) технических свойств и конструктивных особенностей эксплоатируемых транспортных средств (мощность двигателя, эффективность действия тормозной системы, число и ширина дверей, высота пола кузова, устройство подножек и т. п.);

б) типа линии и состояния путей или дороги (степень изоляции от помех прочего уличного движения, профиль линии, исправность стыков, отсутствие просадок и т. п.);

в) удовлетворительности энергоснабжения (отсутствие перебоев в питании линии током, обеспечение нормального напряжения на всех участках сети и во все периоды движения);

г) частоты расположения остановочных пунктов (средней длины перегона);

д) степени использования пропускной способности линии и правильности организации движения по сети (величины задержек на остановочных пунктах и узлах рельсовых путей);

е) степени загрузки улицы движением других видов транспорта и режима регулирования движения на перекрестках (задержки при неблагоприятном составе, длительность цикла автоматических светофоров и т. п.).

Размеры дополнительных затрат времени при поездке зависят, в основном, от:

а) плотности транспортной сети, влияющей на дальность пути пассажира от места жилья (или пункта назначения) до уличной магистрали, где проходит линия общественного транспорта;

б) частоты расположения остановочных пунктов общественного транспорта, влияющей на дальность пути пассажира от места жилья;

в) частоты и регулярности движения по линиям общественного транспорта, влияющих на длительность ожидания пассажира при посадке и пересадке;

г) удобства (компактности) расположения остановочных пунктов в узлах, влияющего на затрату времени при пересадках пассажиров с одного маршрута или вида транспорта на другой.

Скорость сообщения различных видов уличного массового транспорта в равных условиях нормальной городской эксплоатации (без перегрузки линий), как показывают практика и расчеты, может считаться одинаковой. Разница в средних ходовых скоростях при одинаковых расстояниях между остановочными пунктами не превышает 10% и потому не имеет существенного практического значения.

Дополнительные затраты времени пассажира при пользовании различными видами уличного массового транспорта могут оказаться неодинаковыми, так как величины оптимальной плотности сети рельсового и безрельсового транспорта различны.

Затрата времени на ожидание зависит от средней величины интервала, устанавливаемого в соответствии со средней величиной пассажиропотока и вместимостью эксплоатируемого подвижного состава.

Существенное влияние на величину затрат времени пассажиров, ожидающих посадки, имеет регулярность движения. Для автобуса с его свободной маневренной способностью (возможность обгона, поворота, пропуска по ближайшей улице) имеется больше благоприятных условий для соблюдения расписания и поддержания регулярности движения, чем для трамвая, связанного с рельсовыми путями и контактной сетью. Выделение трамвайных путей на обособленное полотно способствует повышению регулярности трамвайного движения: сокращаются задержки, вызываемые прочим уличным транспортом. Троллейбус в отношении регулярности движения занимает промежуточное положение между трамваем и автобусом.

Пропускная способность линии (одиночного пути, ленты проезда) исчисляется количеством единиц подвижного состава (для трамвая — поездов), пропу-

скаемых в единицу времени (обычно в 1 час) через пункт линии, находящийся в наименее благоприятных условиях.

В табл. 7 приведены результаты расчетов пропускной способности линий сопоставляемых видов транспорта.

Таблица 7

Пропускная способность колен (или ленты проезда) для разных видов массового транспорта

Виды транспорта	Типы транспортных единиц	Предельно-допустимое число транспортных единиц (поездов, машин) в час в одном направлении
Трамвай	Одиночные вагоны	90—100
	Поезда из двух вагонов	70—80
	Поезда из трех вагонов	60—65
Автобус и троллейбус	Машины малого габарита	100—120
	Машины большого габарита	80—100

Провозоспособность трамвая практически колеблется в пределах от 6 000 до 15 000 пассажиров в час в одном направлении.

Провозоспособность автобусов и троллейбусов изменяется соответственно в пределах от 2 500 до 7 000 пассажиров в час на одну ленту проезда.

В табл. 8 приведена провозоспособность трамвая при эксплоатации различных типов вагонов и составов поездов.

Анализируя полученные в табл. 8 соотношения, устанавливаем, что:

а) провозоспособность изменяется не прямо пропорционально длине поезда и его вместимости. При двух вагонах провозоспособность возрастает в 1,5—1,6 раза против одиночного, при трех вагонах — в 2 раза;

б) применением четырехосных вагонов достигается одинаковое увеличение провозоспособности при меньшей длине поезда (28 вместо 33 м);

в) при введении в эксплоатацию вагонов уширенного габарита достигается увеличение провозоспособности (приблизительно на 20%) без увеличения нагрузки сети.

Наиболее маневроспособным видом транспорта является автобус, на втором месте стоит троллейбус и на третьем —

трамвай. В отношении же провозоспособности первое место принадлежит трамваю, а второе — троллейбусу и авто-

Таблица 8

Изменения вместимости трамвайных поездов, нагрузки линии и провозоспособности трамвая в зависимости от длины поезда и габарита вагонов

Тип вагонов	Габариты кузова, м	Состав поезда	Расчетная длина поезда, м	Нормальная вместимость поезда, пассажиров	Расчетная провозоспособность трамвая в одном направлении пассажиров в час
Двухосный	2,2 × 10,5	Одновагонный	11	53	5 500
„	2,2 × 10,5	Двухвагонный	22	116	8 800
„	2,2 × 10,5	Трехвагонный	33	180	11 000
Четырехосный	2,2 × 13,5	Одновагонный	14	75	7 200
„	2,2 × 13,5	Двухвагонный	28	160	11 000
Двухосный	2,6 × 10,5	Одновагонный	11	65	6 600
„	2,6 × 10,5	Двухвагонный	22	140	10 800
Четырехосный	2,6 × 15	Одновагонный	15,5	95	8 500
„	2,6 × 15	Двухвагонный	31	200	13 000

бусу. Расчеты показывают, что площадь улицы, приходящаяся на одного пассажира, при организации перевозок автобусами в $1^1/_2$ раза больше, чем при использовании трамвая.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ И КОЛИЧЕСТВА ПОТРЕБНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

При выборе типа подвижного состава, наиболее подходящего для эксплоатации в заданных условиях, основными критериями при оценке его пригодности являются:

а) соответствие вместимости транспортной единицы размерам ожидаемых на сети пассажиропотоков. Интервалы между поездами или вагонами не должны выходить за пределы целесообразного максимума, определяемого удобствами обслуживания пассажиров, и минимума, определяемого условиями пропускной способности наиболее загруженных участков сети и улиц;

б) соответствие технической характеристики транспортной единицы условиям эксплоатации на данной сети или линии (в отношении скоростей движения, габаритных размеров, тормозных условий и т. п.).

Вместимость транспортной единицы является величиной условной и может быть принята в среднем для подвижного состава всех видов городского транспорта 3 пассажира на 1 м² полезной внутренней площади вагона или машины, независимо от размещения и числа мест для сиденья. При этом, для упрощения можно вести расчет по площади наружного контура транспортной единицы, исходя из нормы 2,5 пассажира на 1 м².

Максимальный допустимый интервал между последовательно проходящими вагонами (i_{max}) определяется местными условиями пассажирского движения. В городе i_{max} не должно быть больше 8—10 мин. Уменьшение интервала достигается сокращением длины (состава) поездов.

Минимальный допустимый интервал, или соответственно максимальная частота трамвайного движения, зависит от пропускной способности линий. Практически можно рекомендовать в наиболее нагруженных движением пунктах i_{min} не менее 1 мин.

Величина интервала на данном маршруте или сети определяется из соотношения:

$$i = \frac{2L \cdot 60}{v_э \cdot n},$$

где: i — средний интервал между поездками в мин.;
L — длина маршрута в одном направлении или сети по оси линий (поездов) в км;
$v_э$ — эксплоатационная скорость в км/час.;
n — число поездов на маршруте или сети.

Средняя частота движения N_c на данном маршруте или сети, т. е. количество поездов, проходящих в час в одном направлении, в любом сечении маршрута или в среднем по сети, определяется из соотношения:

$$N_c = \frac{60}{i} = \frac{v_э \cdot n}{2L}.$$

При наличии пассажиропотоков большой мощности применяют удлиненные поезда из двух или трех вагонов или переходят к подвижному составу большой вместимости с увеличенными шириной и длиной и повышенными скоростями движения.

Техническая характеристика вагонов и поездов должна отвечать условиям эксплоатации: на линиях с крутыми уклонами до 70‰ состав поезда ограничивается двумя или даже одним моторным вагоном; при движении с большими скоростями (более 40 км/час, например, на загородных линиях) применяют более устойчивые и спокойные в движении четырехосные вагоны; при частых остановках (200—250 м) и пропуске трамвайных поездов через перекрестки с интенсивным уличным движением необходимо обеспечить им большое ускорение и поэтому применять трехвагонные составы нецелесообразно.

Потребное количество вагонов для движения на данной сети или маршруте определяется на основе установленного объема и характера ожидаемых перевозок по формуле:

$$n = \frac{A \cdot l \cdot \alpha}{365 \cdot v_э \cdot m \cdot k},$$

где: A — ожидаемое число пассажиров в год на данной сети или маршруте;
l — средняя дальность поездок пассажиров в км;
α — отношение числа пассажиров, перевозимых в час максимума, к суточному итогу;
$v_э$ — средняя эксплоатационная скорость в км/час;
m — нормальная вместимость вагона;
k — средний коэффициент наполнения вагонов в час максимума движения для всей сети или маршрута.

Величины A и l определяются при изучении общего объема и состава ожидаемого пассажирооборота.

Величина α устанавливается на основе обследований и анализа ожидаемых пассажиропотоков на исследуемой сети.

Средняя эксплоатационная скорость $v_э$ устанавливается всесторонним учетом влияния всех элементов технического вооружения транспорта (характеристика двигателя, трассы и пр.) и условий эксплоатации (расположение остановочных пунктов, их пассажирооборот, загрузка перекрестков, система регулирования уличного движения и т. п.).

Вспомогательными материалами для определения величины ожидаемой скорости $v_э$ служат: тяговые расчеты для типовых ситуаций и специальных случаев, статистические материалы по эксплоатации в аналогичных условиях и непосредственные наблюдения при пробных пробегах или

в начальный период эксплоатации (для проверки и уточнения предварительно установленной величины).

Средняя эксплоатационная скорость на трамвайных сетях в городах СССР в 1940 г. колебалась в пределах от 9,5 до 18,2 км/час, а в среднем по 73 городам составляла 13,8 км/час (в 1938 г. — 13,4 км/час, в 1937 г. — 14,2 км/час).

Величину среднего коэффициента наполнения вагонов k принимают равной 0,5 для часа максимума движения по всей сети; среднее наполнение вагонов за сутки обычно составляет около 80% от среднего в час максимума или 0,4 от нормального.

На отдельных маршрутах величина k может быть больше, в зависимости от неравномерности распределения пассажиров по направлениям и длине маршрута.

Инвентарное количество вагонов $N_и$, необходимое для нормальной эксплоатации, определяется по формуле:

$$N_и = \frac{N_д}{\gamma},$$

где: $N_д$ — число вагонов в движении (максимальный выпуск),

γ — коэффициент использования инвентарных вагонов (по выпуску).

Величина γ, в основном, зависит от системы и организации ремонта подвижного состава, технической характеристики (типа вагонов) и состояния эксплоатируемого подвижного состава и пр.

По отчетным данным за 1940 г. величина коэффициента использования инвентарных вагонов (по выпуску) колебалась по трамвайным хозяйствам СССР от 47,5 до 89,5%, а в среднем по всем городам составляла 80,0% (в 1938 г. — 83,5%).

При правильной организации ремонта и обновлении подвижного состава коэффициент γ можно поднять до 90—92% для моторных вагонов и 95% для прицепных.

7. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ УЗЛОВ

Основными типами узлов являются: пересечение путей под некоторым углом, одиночное стрелочное ответвление, двухколейное ответвление путей и различные комбинации из указанных элементов.

Пропускная способность какого-либо узла, т. е. максимально возможная нагрузка его движением, зависит от:

1) типа и конфигурации этого узла и близости к нему других узлов или остановочных пунктов;

2) скорости прохождения поездов по узлу;

3) длины поездов l_1 и соотношения между числом поездов на направлениях, сходящихся в узле.

Для определения времени следования поезда по узлу можно принять в среднем следующую расчетную длину этих элементов l_2:

для одиночного пересечения . . . . . $l_2 = 6$ м
для одиночного стрелочного перевода . . . . . $l_2 = 13$ „
для косого пересечения, входящего в состав двухколейного ответвления . . . . . $l_2 = 16$ „

Средняя скорость прохождения поезда по узлу v обычно принимается 8—10 км/час или 2,2—2,8 м/сек.

Средняя скорость прохождения всей зоны сложного узла (например, двухколейного ответвления), с включением промежуточных прямых и кривых, составляет, как показывают наблюдения, 3,3—4,2 м/сек. (12—15 км/час).

Расчетная длина поезда l_1 устанавливается в соответствии с количеством одиночных вагонов и двух- или трехвагонных составов, проходящих по исследуемому узлу. При наличии в эксплоатации нескольких типов вагонов, например, двухосных и четырехосных, за расчетную длину принимается приведенная длина.

Время T, затрачиваемое на пропуск по простому узлу (одиночное пересечение, стрелочный перевод) одного поезда, составляется из трех слагаемых:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{l_1}{v} + \frac{l_2}{v} + t_3,$$

где t_3 — минимальный средний интервал между прохождениями поездов по узлу, допускаемый по условиям безопасности движения (с момента выхода за пределы узла первого поезда до момента входа на узел второго поезда). Можно принять: $t_3 = 6$ сек. для пересечений и $t_3 = 3$ сек. для стрелочных переводов.

Пропускная способность узла характеризуется наибольшим числом поездов, которое может быть пропущено через него в течение часа. Максимальная возможная нагрузка данного узла зависит от средней длины проходящих по нему поездов и соотношения между числами

поездов, сходящихся в узле направлений. На московском трамвае, например, средняя скорость прохождения поезда по узлу ПТЭ установлена в 5—8 км/час, в зависимости от типа спецчастей (встречная стрелка и пр.).

При регулировании движения на перекрестках автоматическими светофорами пропускная способность трамвайных узлов, расположенных на таких перекрестках, определяется по числу циклов n в час, в зависимости от состава и длительности цикла.

Если длительность рабочего периода цикла по исследуемому направлению достаточна для пропуска лишь одного поезда, то $\max N = n$; если же по данному направлению можно пропустить два поезда без задержки пересекающегося движения, то $\max N = 2n$.

8. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ

При установлении типа подвижного состава пропускная способность остановочного пункта является функцией средней продолжительности стоянки поездов на данной остановке, длины эксплоатируемых поездов и числа станционных путей. Она определяется по формуле:

$$N = \frac{3600}{t + k + r},$$

где: N — число поездов, которое может быть пропущено в течение 1 часа по одному пути;

t — средняя продолжительность стоянки каждого поезда в сек., определяемая в соответствии с размерами пассажирооборота, наблюдаемого и ожидаемого на данном остановочном пункте в часы наиболее интенсивного движения;

k — средняя потеря времени в сек. на замедление хода при торможении и ускорение при пуске;

r — время реакции вагоновожатого при торможении в сек.

При обычных средних значениях ускорения при трогании с места, равного 0,6 м/сек.², и ускорения при торможении, равного 0,75—0,8 м/сек.²:

$$k = \sqrt{6L} = 2{,}45\sqrt{L},$$

где: L — длина поезда, м (с включением промежутка ≈ 2 м).

Так, например, для поездов из двух двухосных вагонов, т. е. при $L = 24$ м, $k = 12$ сек., $r = 2$ сек.

Пропускная способность остановочного пункта при этих наиболее часто встречающихся условиях выразится в зависимости от величины t в следующем виде (табл. 9).

Таблица 9

Пропускная способность остановочного пункта

Средняя продолжительность стоянки t поезда на остановке, сек.	12	16	20	25	30
Число поездов N из двух двухосных вагонов, пропускаемых в течение часа по одному пути	138	120	106	92	82

Длительность стоянки t поезда на остановке изменяется в зависимости от типа вагонов и состава поездов.

Для обеспечения нормальных условий движения, во избежание скопления и задержек поездов при неравномерном подходе их к узлам и остановочным пунктам, нагрузку элементов сети не рекомендуется доводить до предела их пропускной способности. Практически максимально приемлемой величиной является нагрузка $P=70—80\%$. В средних условиях эксплоатации этой нагрузке соответствует пропуск 60 двухвагонных или 80 одновагонных (двухосных) поездов в час. При повышении этой нормы скорость трамвайного движения резко снижается, а следовательно, уменьшается также эффективность работы и использования городского транспорта.

Для повышения пропускной способности трамвайных узлов принимаются следующие меры:

а) упрощение сложных перегруженных узлов за счет перенесения соединительных путей (двухколейных ответвлений) в пункты, менее нагруженные трамвайным и уличным движением;

б) повышение скорости прохождения трамвайных поездов через узлы и перекрестки; это связано с предъявлением повышенных требований к подвижному составу (обеспечение высоких ускорений) и путевому оборудованию (применение литых крестовин и стрелок взамен быстроизнашивающихся сборных);

в) приспособление режима регулирования уличного движения, в частности состава и длительности цикла автома-

тических светофоров на перекрестках, к потребностям трамвайного движения;

г) устранение неблагоприятного влияния остановочных пунктов на работу узлов путем целесообразного размещения остановок и отнесения их от узла на расстояние, исключающее или уменьшающее задержку пропуска поездов.

Для увеличения пропускной способности остановочных пунктов принимаются следующие меры:

а) разделение остановочной площадки (рефюжа) на две смежные части по фронту посадки и сортировка маршрутов (это значительно упорядочивает посадку пассажиров);

б) раздвоение путей каждого направления перед интенсивно работающим остановочным пунктом нагруженной магистрали (при достаточной ширине проезда на улице или площади); этот метод с успехом применен в некоторых городах за границей;

в) сокращение длительности простоя поездов на остановочных пунктах путем конструктивных улучшений подвижного состава (увеличение ширины и числа дверей в вагонах, понижение уровня пола вагонов, применение электрической междувагонной сигнализации и т. п.).

9. СЕБЕСТОИМОСТЬ ПЕРЕВОЗОК

Себестоимость перевозок является главнейшим показателем работы трамвайного предприятия, отражающим ряд качественных показателей (скорость, производительность труда, эффективность использования транспортного оборудования, регулярность движения и пр.).

Показателем себестоимости перевозок является сумма эксплоатационных затрат, отнесенных обычно к одному вагоно-километру.

Себестоимость перевозок слагается из двух основных элементов: эксплоатационных расходов и амортизационных отчислений на возобновление основного капитала.

В трамвайных хозяйствах эксплоатационные расходы составляются из общих расходов и расходов на: 1) движение, 2) содержание и ремонт вагонов, 3) энергоснабжение, 4) ремонт и содержание путей, 5) управление.

В свою очередь, во всех отраслевых расходах основными расходными статьями, влияющими на себестоимость перевозок, являются: заработная плата работников (с начислениями), стоимость материалов и электроэнергии.

В табл. 10 приведены примерные процентные соотношения сумм по установленным группам расходов, выведенные за ряд лет по всем трамвайным предприятиям СССР.

Таблица 10

Процентные соотношения сумм расходов

Наименование расходов	1937 г.	1938 г.	1940 г.
Заработная плата со всеми начислениями	47,2	46,9	46,1
Электроэнергия	12,8	11,7	12,5
Материалы	9,5	8,2	9,7
Остальные расходы эксплоатации	22,6	22,7	19,2
Отчисления на амортизацию или капитальный и восстановительный ремонт	7,9	10,5	12,5
Всего	100	100	100

Раздел II

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАМВАЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

10. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ СЛУЖБЫ ДВИЖЕНИЯ

Служба движения является одной из основных частей трамвайного предприятия. Она организует движение поездов на линии при правильном и целесообразном использовании всего трамвайного оборудования: подвижного состава, путей, устройств энергохозяйства и других линейных сооружений.

В задачи службы движения входит.

1. Составление плана движения поездов на линии, для чего:

а) организуется статистика пассажирского движения по изучению пассажиропотоков путем систематического и постоянного наблюдения за нагрузкой (наполнением) вагонов по часам дня и протяжению маршрутов, а также путем периодической организации массовых фактических обследований с установлением основных статистических показателей пассажирского движения;

б) по материалам статистики и изучения пожеланий населения намечаются новые направления маршрутов и корректируется существующая маршрутная система;

в) составляется наряд вагонов и точное расписание (график) движения поездов на линии;

г) разрабатывается и осуществляется контроль и наблюдение за выполнением плана движения путем организации диспетчерского управления движением.

2. Определение пропускной способности путевой сети на основе специальных наблюдений и обследований и разработка мероприятий по увеличению пропускной способности.

3. Разработка заданий по вопросам выбора состава поездов, норм скорости движения, планировки сети, развития и реконструкции путевых устройств, организации и устрой-

ства конечных и остановочных пунктов, типов линейных сооружений.

4. Изучение причин аварий и травматизма на линиях трамвая и разработка мероприятий по их предупреждению.

5. Разработка проектов проездных тарифов, организация сбора платы с пассажиров, составление отчетности кондукторов и парков по сбору платы и организация контроля сборов.

6. Информация населения об объеме движения и характере изменения плана движения (издание справочников, плакатов, аншлагов, реклам и пр.).

7. Разработка служебных инструкций по управлению поездом, обслуживанию пассажиров и поддержанию безопасного и регулярного движения, с использованием опыта лучших стахановцев — вагоновожатых, кондукторов и линейных работников, в соответствии с «Правилами технической эксплоатации трамвая».

8. Укомплектование кадров диспетчеров, линейного персонала, вагонных бригад и участие в их подготовке и обучении.

11. СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ

В трамвайном движении различаются следующие скорости:

а) максимальная (предельная) скорость, допускаемая при движении по улицам и ограниченная условиями безопасности движения;

б) техническая скорость, допускаемая конструкцией подвижного состава;

в) средняя ходовая скорость, определяемая делением расстояния между двумя остановками на время пробега между ними;

г) средняя скорость сообщения, получаемая при делении расстояния между двумя точками маршрута на продолжительность пробега между ними;

д) эксплоатационная скорость, устанавливаемая делением общего числа вагоно-километров на общее число вагоно-часов или общего числа моторных вагоно-километров на общее число моторных вагоно-часов, включая промежуточные и конечные остановки, а также случайные задержки на линии.

Колебания скорости зависят от времени года и определяются различными условиями движения:

а) падением температуры воздуха, увеличивающим сопротивление движению;

б) снежными осадками, механически повышающими сопротивление движению;

в) резким изменением коэффициента сцепления, уменьшающим величину ускорения при пуске и замедления при торможении и вызывающим необходимость более осторожного режима движения поезда на перегоне;

г) изменением общего количества пассажиров.

В табл. 11 приведены колебания скорости в процентах по месяцам для общих условий.

Таблица 11

Колебания эксплоатационной скорости по месяцам

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Процент к средней скорости за год (100%) .	96,0	97,0	97,5	99,0	100,6	103,0	104,0	104,5	103,0	99,0	97,0	97,6

Резкие колебания оборота пассажиров на остановках по часам дня вызывают изменение режима движения поезда на перегоне, что соответственно отражается на величине скорости движения. В табл. 12 приведены колебания скорости в процентах по часам дня для общих условий; средняя эксплоатационная скорость взята за 100%.

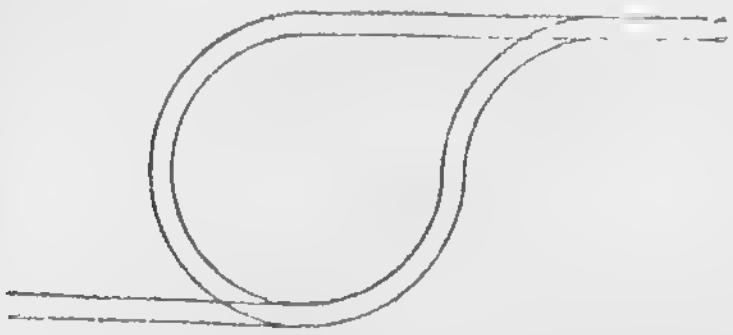
Таблица 12

Колебания эксплоатационной скорости по часам дня

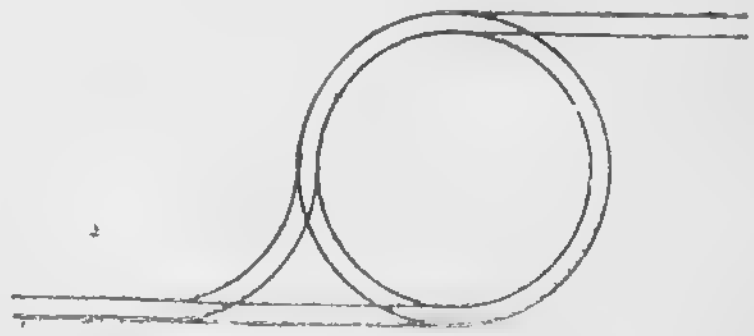
Периоды дня	% к среднесуточной скорости
От 5 до 6½ час. . .	106
„ 6½ до 9 „ . .	100
„ 9 „ 15 „ . .	102
„ 15 „ 19 „ . .	95
„ 19 „ 24 „ . .	102
„ 24 „ 02 „ . .	106

12. УСТРОЙСТВО КОНЕЧНЫХ ПУНКТОВ

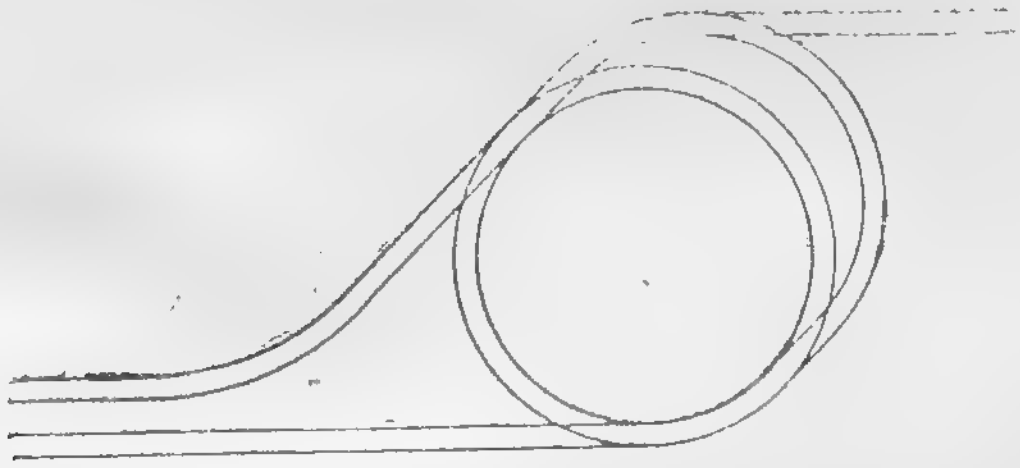
Конечный пункт предназначается для принятия и отправления прибывающих поездов, производства маневров и пр.



Фиг. 1. Петля с тупиком.



Фиг. 2. Однопутное кольцо с тупиком.



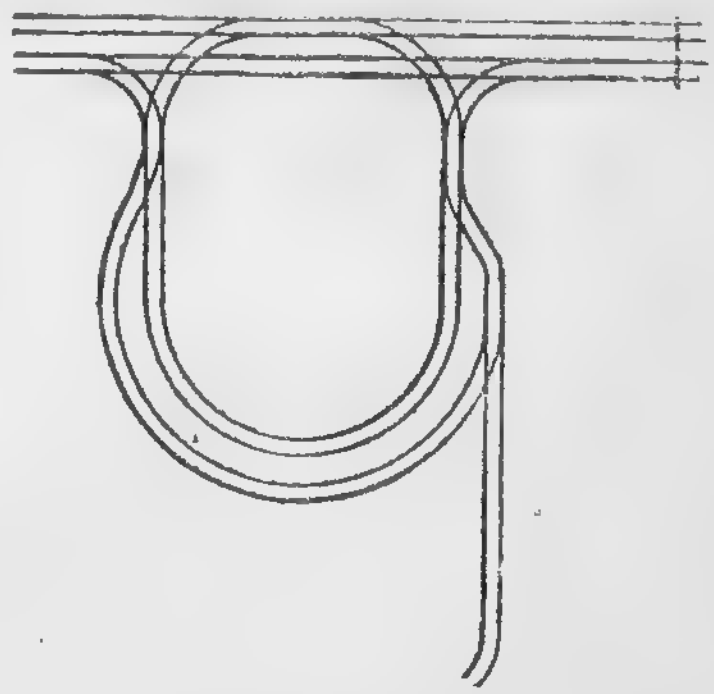
Фиг. 3. Двухпутное кольцо с тупиком.

Конечный пункт должен иметь:

а) путевое устройство для приема и отправления поездов, пропуска транзитных поездов, формирования поездов (отцепка, перецепка, кантовка), случайного ремонта вагонов;

б) служебные помещения для начальника станции; вагонных бригад и персонала ремонтного пункта с рабочим и бытовым инвентарем, телефоном и часами.

Путевое устройство и оборудование должны соответствовать характеру и объему движения на данном конечном пункте, количеству маршрутов и интервалу между поездами на этих маршрутах.

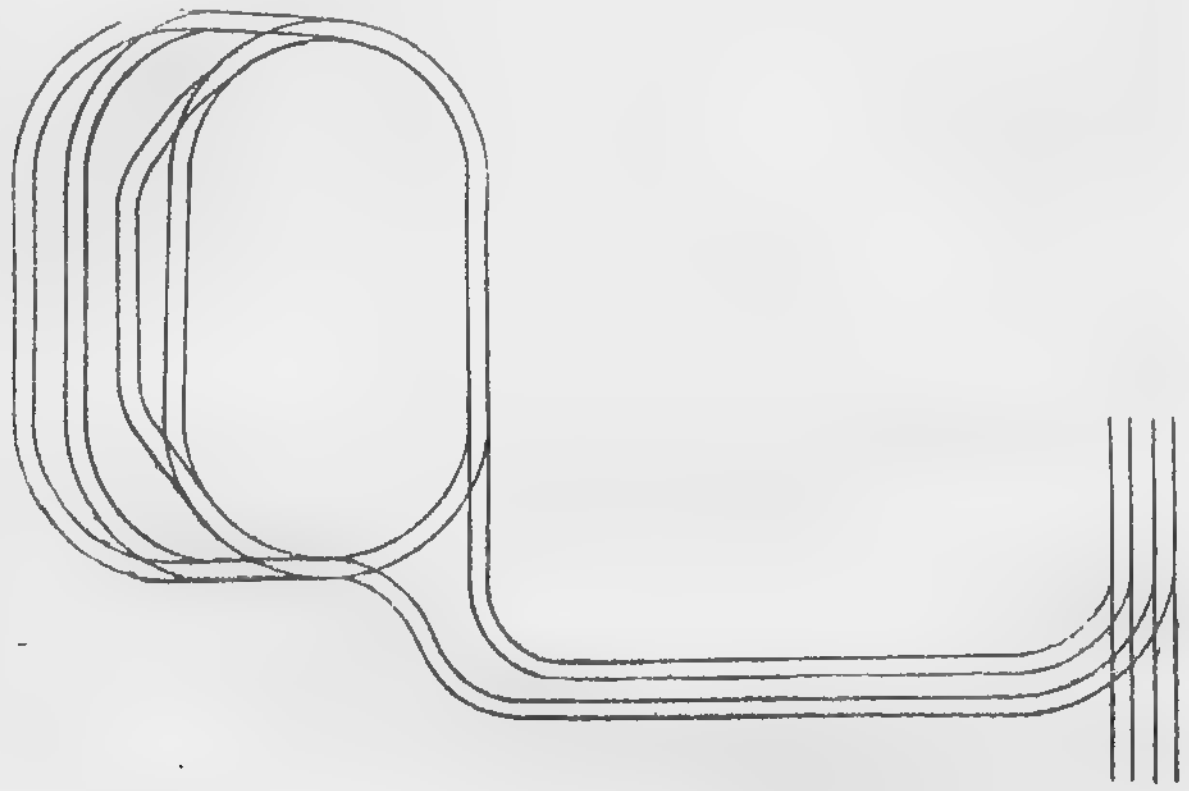


Фиг. 4. Путевые устройства конечного пункта.

Минимально развитые путевые устройства конечного пункта представляют собой:

а) для конечного пункта, принимающего и отправляющего только один маршрут, — петлю с тупиком (фиг. 1). Тупик используется для маневров по пропуску поездов и ремонта неисправных поездов;

б) для конечного пункта, принимающего и отправляющего два маршрута, — однопутное кольцо с тупиком (фиг. 2) или двухпутную петлю с тупиком;



Фиг. 5. Путевые устройства конечного пункта.

в) для конечного пункта, принимающего и отправляющего три и больше маршрутов, — двухпутное (многопутное) кольцо с тупиком (фиг. 3).

В соответствии с топографией местности, трассировкой путей, условиями объема движения, первоначальной стоимостью, затратами на содержание и пр., практика выработала значительное количество различных типов путевых устройств на конечном пункте (фиг. 4 и 5).

13. МАРШРУТНЫЕ СИСТЕМЫ, МАРШРУТНЫЙ И СТРЕЛОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТЫ

Маршрутная система должна предусматривать наименьшее количество пересадок при о д н о й поездке пассажира.

Она должна обеспечивать возможность поездки пассажира кратчайшим путем при наилучшем использовании подвижного состава.

Маршруты бывают:

а) радиальные *А*, идущие от окраин города до центра или в район центра (фиг. 6)

б) диаметральные *Б*, идущие с одного конца города до другого, пересекая центр или район центра;

в) кольцевые или окружные *В*, соединяющие окраинные районы, не пересекая центр или район центра;

г) комбинированные *Г*.

Если обозначить L — длину сети по оси улиц (в км) и M — сумму длин всех маршрутов (в км), то

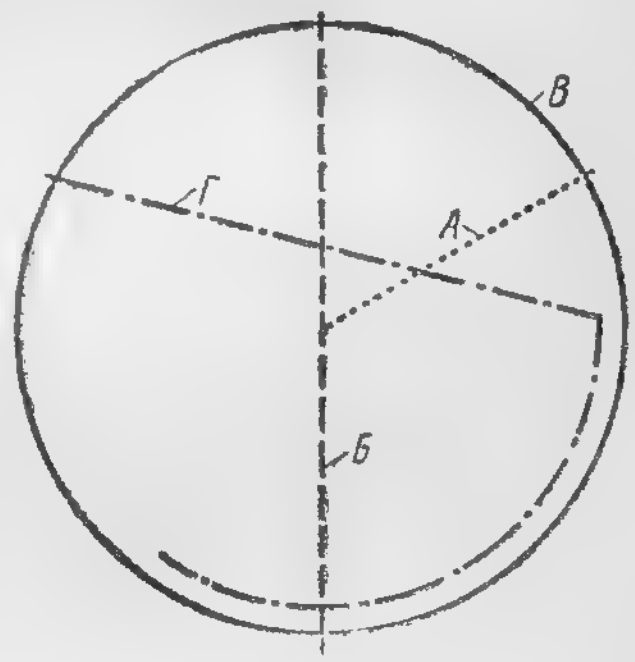
$$\frac{M}{L} = m,$$

где m — маршрутный коэффициент.

Этот коэффициент показывает, сколько в среднем маршрутов проходит по каждому участку сети и в каком количестве направлений можно ехать из каждого пункта сети. Следовательно, коэффициент m дает наглядное представление о развитии маршрутной системы.

При данном L, увеличивая M, а следовательно, и m, можно уменьшить число пересадок.

При данной путевой сети и данном количестве поездов численное выражение маршрутного коэффициента ограничивается интервалом между поездами по сети i_0, так как увеличение m уменьшает частоту движения по каждому отдельному маршруту i_m.



Фиг. 6. Типы маршрутов.

Интервал между поездами в часы максимума следует ограничивать 10 мин. Выше этого предела интересы пассажиров не будут удовлетворяться.

Другой показатель разветвлений маршрутной системы — стрелочный коэффициент S, представляющий собой отношение общего количества эксплоатируемых стрелок n (рабочие двойные стрелки считаются за две, а маневровые стрелки на конечных пунктах, разъездах и переходах в расчет не принимаются) к общему протяжению пути L:

$$\frac{n}{L} = S.$$

Этот коэффициент показывает, сколько раз на протяжении километра пути пассажир имеет возможность выбрать то или иное направление.

При учете обоих коэффициентов m и S (условно $m + S$) получается представление о развитии маршрутной системы.

14. ВЫБОР ДЛИНЫ МАРШРУТА

Анализ пассажирских потоков показывает, что пассажиры мало заинтересованы направлением маршрута на всем его протяжении. Исходя из интересов пассажиров, минимальная длина маршрута не должна быть короче обычной длины поездки пассажира.

Для трамвайных же предприятий длинные маршруты более выгодны, так как:

а) длинный маршрут повышает эксплоатационную скорость за счет меньшего простоя поездов на конечном пункте;

б) при общих равных условиях (заданная скорость сообщения, интервалы между поездами, стоянка на конечном пункте) на длинном маршруте лучше используются поезда.

При коротких маршрутах увеличиваются расходы по устройству и содержанию конечных пунктов.

Поддержание регулярности движения на длинном маршруте, особенно проходящем через центр, затруднительнее, чем на коротком.

15. НАРЯД ВАГОНОВ

Наряд вагонов является основным документом, регулирующим деятельность всего трамвайного движения. Наряд вагонов предназначается для того, чтобы, в соответствии с потребностью населения, наиболее целесообразно распределить подвижной состав на всех маршрутах.

В наряде должны быть предусмотрены:

1) распределение поездов для каждого маршрута в отдельности: а) по паркам, б) по сменности — трехсменные, двухсменные, односменные, работающие с перерывом и т. д., в) по составу — одновагонные, двухвагонные, трехвагонные, г) по типу вагонов — двухосные, четырехосные;

2) средняя за день продолжительность рейса вместе со стоянкой на станции в минутах.

В наряде должны быть указаны:

1) средняя за день скорость движения по всей сети;

2) средний по отдельным участкам интервал в минутах.

Наряд составляется с учетом:

а) среднего количества пассажиров, проезжающих за каждый час по протяжению каждого маршрута;

б) периодов времени, на которые следует разбить день, и средних для этих периодов наполнений трамвая каждого маршрута;

в) среднего по всем маршрутам наполнения трамвая;

г) распределения вагонов по маршрутам в установленные периоды;

д) распределения вагонов по паркам, сменности и составам поездов.

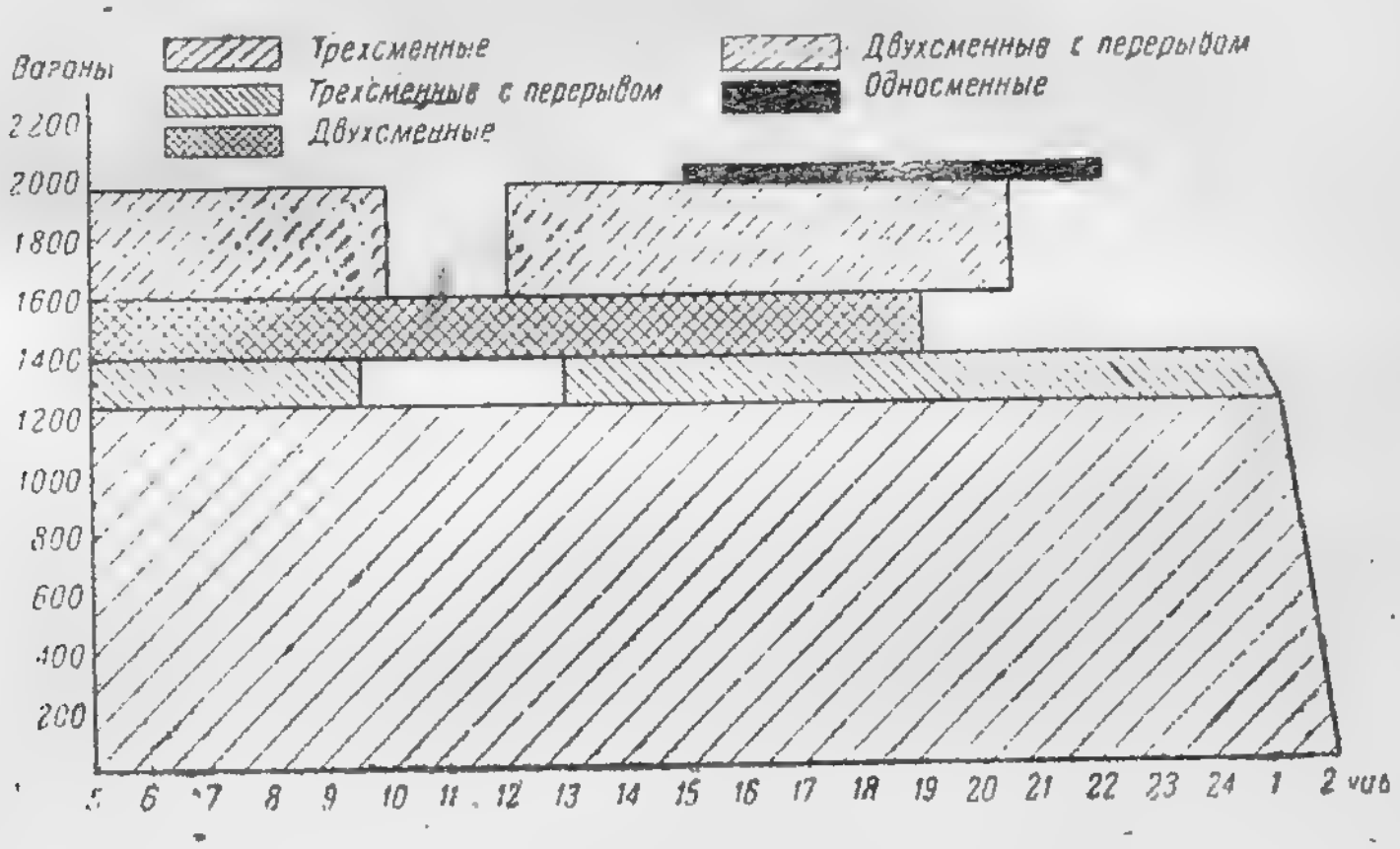
Можно принять пять периодов изменения количества вагонов, отраженного в наряде:

а) утренний максимум — с 6 до 9 час. (до 6 час. поезда постепенно выходят из парков);

б) дневной уменьшенный — до 16 час.;

в) дневной максимум — до 18 час.;

г) вечерний уменьшенный — до 22 час.;



Фиг. 7. График наряда в будний день.

д) ночной, еще более уменьшенный — до конца движения.

Выбор того или иного режима движения зависит от местных условий.

Распределение вагонов по паркам, в основном, определяется количеством мест в вагоне, видом подвижного состава, наиболее подходящего к условиям движения, прикрепленными к парку маршрутами и местом расположения конечных пунктов.

Необходимо стремиться к тому, чтобы:

а) обслуживание одного маршрута осуществлялось не более, чем двумя парками;

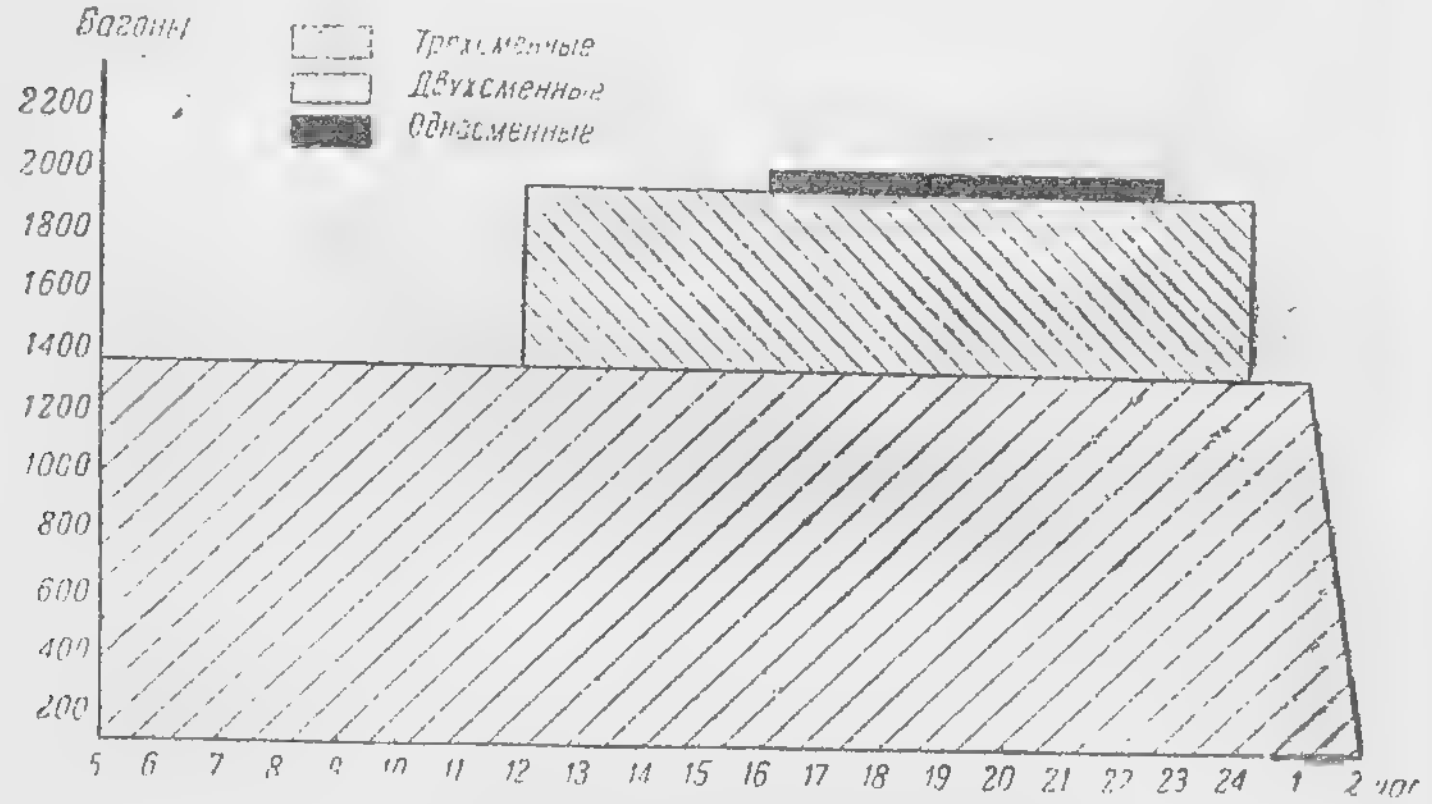
б) нулевые пробеги были наименьшими; это достигается при двух парках, обслуживающих маршрут, расположением

их вблизи конечных пунктов маршрута, а при одном парке—расположением его в середине маршрута;

в) в случае обслуживания маршрута двумя парками, сосредоточивать в каждом из этих парков подвижной состав с однородными техническими и эксплоатационными свойствами оборудования (тяговых моторов, тормозного оборудования и пр.);

г) распределение поездов данного маршрута между парками было равномерным;

д) количество маршрутов с незначительным количеством поездов было наименьшим.



Фиг. 8. График наряда в выходной день.

На фиг. 7 приведена типичная схема наряда вагонов в будние дни.

В общие выходные дни схема наряда меняется соответственно пассажиропотокам (фиг. 8).

Распределение вагонов на маршрутах, работающих на одноколейных участках с разъездами, определяется в зависимости от времени пробега на максимальном перегоне между двумя разъездами.

16. РАСПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ

Расписание движения должно обеспечить:

а) безопасность следования поездов;

б) максимально возможную скорость поездов на линии;

в) удобную перевозку пассажиров и

г) регулярность движения.

Расписание составляется в 24-часовом исчислении по заданному времени пробега с указанием времени выхода из парка (депо), проследования по контрольным пунктам, прибытия и отправления с конечных станций и возвращения в парк (депо).

Расписание движения составляется по отдельным маршрутам для вагоновожатых и начальников конечных и промежуточных станций.

Расписание строится на основе следующих данных:

а) наряда вагонов;

б) норм времени пробега рейса для каждого маршрута;

в) времени начала движения;

г) времени дневной и вечерней отправки поездов с линии в парк;

д) необходимых для данного расписания изменений в движении поездов (посылка не по своему маршруту, комбинированная подача, возвраты и пр.).

17. ВРЕМЯ ПРОБЕГА РЕЙСА

Заданные по наряду для каждого маршрута средние эксплоатационные скорости отражаются в расписании в виде определенных норм времени пробега рейса для каждого маршрута. Норма времени должна быть строго единой для всех маршрутов, работающих на данном участке.

Нормы пробегов устанавливаются графиком: скорость—время — на основе тягового расчета для данного перегона с заданными элементами графика, трассы и профиля путей.

Такой график определяет время пробега на перегоне t'. Суммируя для данного маршрута отрезки времени по каждому отдельному перегону $\sum t'$, получают расчетный (теоретический) пробег для всего маршрута без времени простоя поезда на остановках:

$$t = \sum t'.$$

Время простоя поезда на одной остановке на протяжении маршрута t'_0 определяется следующим расчетом:

$$t'_0 = \tau + \beta \cdot g,$$

где: τ — время на подачу сигналов, реакцию вагоновожатого и прочие потери времени при простое; для общих условий на одном перегоне τ равно 3-5 сек.

β — время, затрачиваемое одним пассажиром для входа или выхода, в зависимости от конструкции подножек, высоты ступеней, ширины дверей и пр.; β колеблется в пределах 1,25—1,75 сек.;

g — количество пассажиров, входящих или выходящих на данной остановке.

Расчетная норма пробега проверяется хронометражным обследованием фактической езды на линии, осуществляемой с соблюдением правил управления поездом; путем сличения и взаимного корректирования теоретической и практической величин пробегов устанавливается правильная норма времени пробега.

Многочисленные обследования пробегов показывают значительные колебания времени пробега по часам дня.

По правилам технической эксплоатации продолжительность стоянки на конечном пункте в среднем не должна превышать 7% от продолжительности рейса.

18. ИНТЕРВАЛЫ

Зная из наряда количество поездов n, установленных для данного периода, время пробега рейса t_p и время стоянки на конечном пункте $t_э = t_p + t_k$, можно определить интервал i движения поезда за данный период:

$$i = \frac{2t_э}{n}.$$

Применяются два вида интервалов.

1. Интервалы кратные часу. Составление расписания с таким интервалом наиболее просто. Расписание для одного часа годно на весь день, но при таком расписании нельзя менять интервалы произвольно, сообразуясь с потребным количеством вагонов при заданном времени пробегов.

Например, задано: $t_p = 65$ мин.; $t_k = 5$ мин.; $n = 20$ поездов:

$$i = \frac{2(65+5)}{20} = 7 \text{ мин.}$$

При системе кратных интервалов этот интервал необходимо изменить, либо уменьшив i до 5 мин. (тогда $n = \frac{140}{5} = 28$ поездам, чего по условиям движения не требуется), либо увеличив i до 10 мин. (тогда $n = \frac{140}{10} = 14$ поездам, а это количество недостаточно).

При условии сохранения заданного количества поездов

придется принять ближайший кратный интервал $i = 7{,}5$ мин., увеличив t_k до 10 мин., что уменьшит эксплоатационную скорость, ухудшит использование подвижного состава и другие эксплоатационные условия.

2. Интервалы произвольные усложняют составление расписания, но позволяют наиболее гибко приспособить его к потребности в пассажироперевозках. При этом могут получиться интервалы в минутах с дробью, например, если $2\ t_э = 126$ мин., а $n = 13$ поездов, то $i = 9{,}7$ мин., т. е. 13 поездов будут перемежаться с интервалами в 10 и 9 мин. Количество тех и других определяется из двух уравнений:

$$10x + 9y = 126;$$
$$x + y = 13;$$

отсюда: $x = 9$; $y = 4$.

В этом случае расстановка поездов должна производиться с различными интервалами.

При уменьшении поездов на маршруте устанавливается по расписанию новый больший интервал, по которому следуют все поезда, идущие за последним поездом, ушедшим по старому интервалу.

При увеличении поездов на маршруте устанавливается новый меньший интервал, который вводится при отправке первого влившегося поезда. Все следующие поезда идут по измененному интервалу.

Если нагрузка по длине маршрута неравномерна и выправить эту неравномерность поправкой маршрутной системы невозможно, то производятся укороченные рейсы отдельных поездов при условии недопущения их на участок со слабой нагрузкой. В этом случае получается увеличенный вдвое интервал в том направлении, куда возвращенные поезда не дошли, и уменьшенный вдвое интервал в том направлении, на котором они появились. Для снижения такой значительной неравномерности в расписание вносится изменение отправок; отправка поезда, идущего впереди возвращаемого, несколько оттягивается, а отправка поезда, идущего сзади возвращаемого, ускоряется как для первого, так и для второго поезда, примерно, на 2 мин. при интервале в 6 мин.

19. РЕГУЛЯРНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Регулярным движением трамвайных поездов называется такое движение, при котором каждый поезд проходит ло-

бой пункт своего маршрута точно в определенные промежутки времени.

Регулярность движения достигается и легко контролируется при наличии расписания движения поездов.

Регулярное движение способствует более равномерному наполнению вагонов; пассажиры имеют больше удобств при проезде; время поездки сокращается, простои поездов на остановках уменьшаются, эксплоатационная скорость увеличивается, а безопасность движения повышается.

20. ДИСПЕТЧЕРСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ НА ЛИНИИ

Выполнение плана движения заключается в:

а) организации движения при нормальных условиях и

б) организации нормального движения при случайных задержках.

В последнем случае необходимо быстро ликвидировать расстроенное движение поездов и ввести его в нормальный график.

С этой задачей можно справиться только при наличии диспетчерских методов управления движением.

Диспетчерская система представляет собой организацию руководства трамвайным движением при посредстве телефонной или иной проводной связи с конечными и контрольными пунктами, парками, подстанциями и пр.

Диспетчерская система, организуя транспортный процесс, дает возможность:

а) наблюдать за движением поездов по расписанию и принимать необходимые меры к восстановлению нарушенного расписания;

б) изменять обычный график движения (для выполнения особых заданий по перевозке пассажиров);

в) изменять направления установленных маршрутов и вносить оперативные поправки в наряд вагонов при стихийных явлениях (снежные заносы, наводнения и пр.), авариях или особых препятствиях в пути.

При диспетчерской системе линейные посты и диспетчерский центр (диспетчер) взаимно информируются и всегда точно и своевременно осведомлены о всех отклонениях от расписания.

При диспетчерской системе диспетчерский центр (диспетчер), непрерывно наблюдая за фактическим выполнением расписания движения поездов, быстро определяет все его недочеты.

Диспетчерская система дает возможность:

а) упростить и ускорить взаимосвязь всех объектов, причастных к движению;

б) централизовать управление движением, создавая тем самым необходимое единообразие в оперативном руководстве.

21. ТИПОВАЯ СТРУКТУРА И ПЕРСОНАЛ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СИСТЕМЫ

Диспетчерская система осуществляется: диспетчерским центром и линейным персоналом.

Ответственность за выполнение движения по расписанию возлагается на диспетчерский центр (центральный диспетчер). В распоряжении диспетчерского центра находятся все средства скорой технической помощи.

На линейный персонал возлагаются контроль за движением при нормальных условиях, своевременное сообщение в диспетчерский центр о всяком расстройстве движения и ликвидации расстройства движения путем точного, быстрого и энергичного выполнения всех указаний и распоряжений диспетчерского центра (центрального диспетчера), а также проявления личной инициативы.

В больших трамвайных предприятиях в силу значительной загрузки один диспетчер не может принять всех сообщений с линии и осуществить регулировочные мероприятия. В этом случае приходится организовать диспетчерскую группу (центр), состоящую из главного диспетчера и его помощников.

Вопрос распределения функций и работы между работниками диспетчерского центра (главным диспетчером и его помощниками) решается практикой в двух направлениях:

а) по территориальному признаку, когда сеть делится на отдельные районы (участки), с возложением руководства движением в пределах этих районов (участков) на помощников диспетчера (районных, участковых диспетчеров);

б) по маршрутному признаку, когда к каждому отдельному помощнику диспетчера прикрепляется группа маршрутов, за регулярностью движения которых он наблюдает.

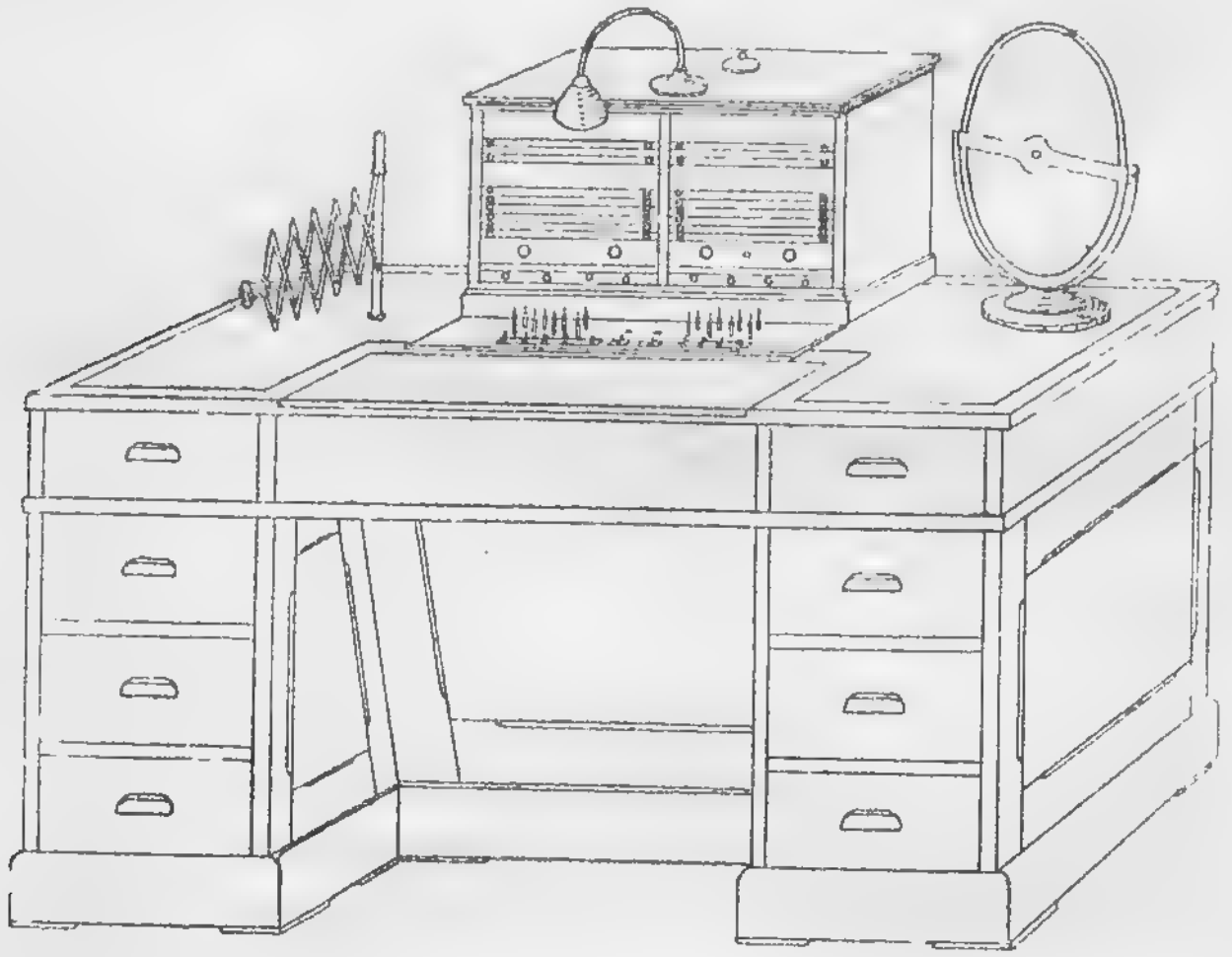
Кроме помощников (районных или маршрутных диспетчеров) в распоряжении главного диспетчера находятся оператор для ведения необходимой отчетности по результатам выполнения плана движения, механики и электромонтеры для содержания в исправном состоянии всех технических средств диспетчерской системы.

22. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СИСТЕМЫ

Производственные функции диспетчерского центра по наблюдению и обеспечению регулярного движения поездов на линии требуют соответствующих технических средств для получения информации, передачи диспетчерских распоряжений, фиксации движения поездов на линии и учета результатов выполнения плана движения.

К техническим средствам связи относятся: а) телефонная связь с двусторонним избирательным вызовом; б) селекторная связь.

В качестве образцов устройства связи, служащей целям диспетчеризации в трамвайном движении, можно привести



Фиг. 9. Пульт центрального диспетчера.

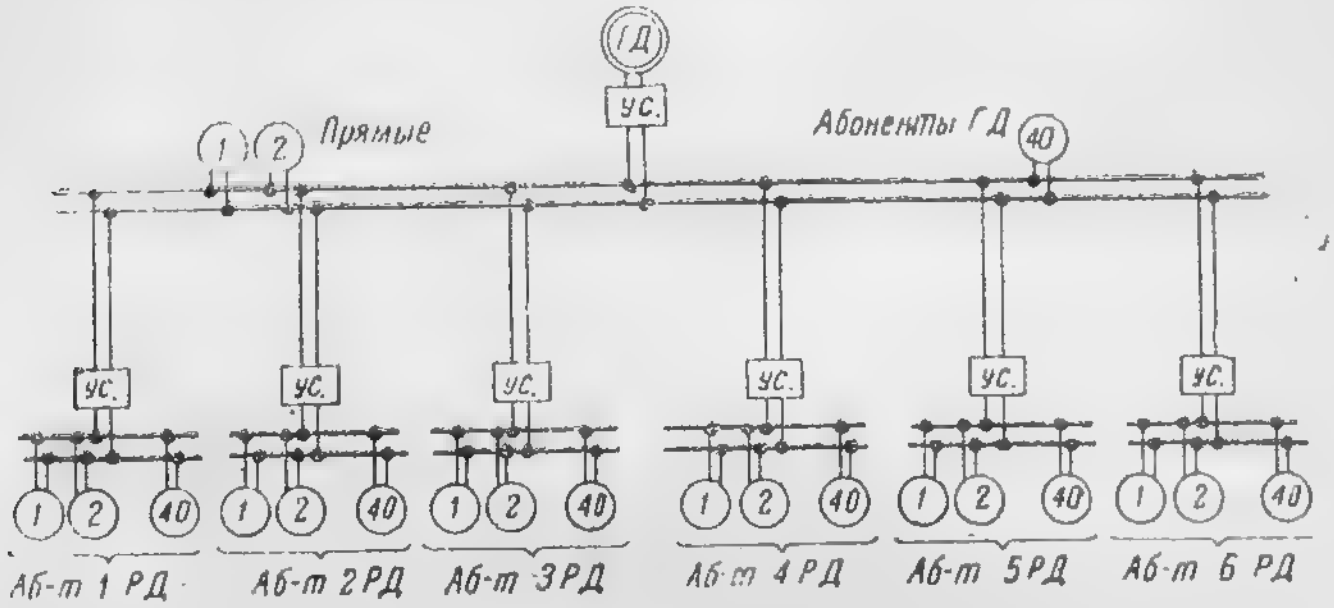
телефонные установки ленинградского, горьковского и харьковского трамваев.

Телефонная установка ленинградского трамвая имеет следующее оборудование.

Пульт (стол-коммутатор) центрального (главного) диспетчера служит его рабочим местом (фиг. 9) и имеет абонентов, включенных параллельно в коммутатор телефонистки. Кроме того, пульт ГД [1] имеет административные линии, подходящие к пультам районных диспетчеров (РД),

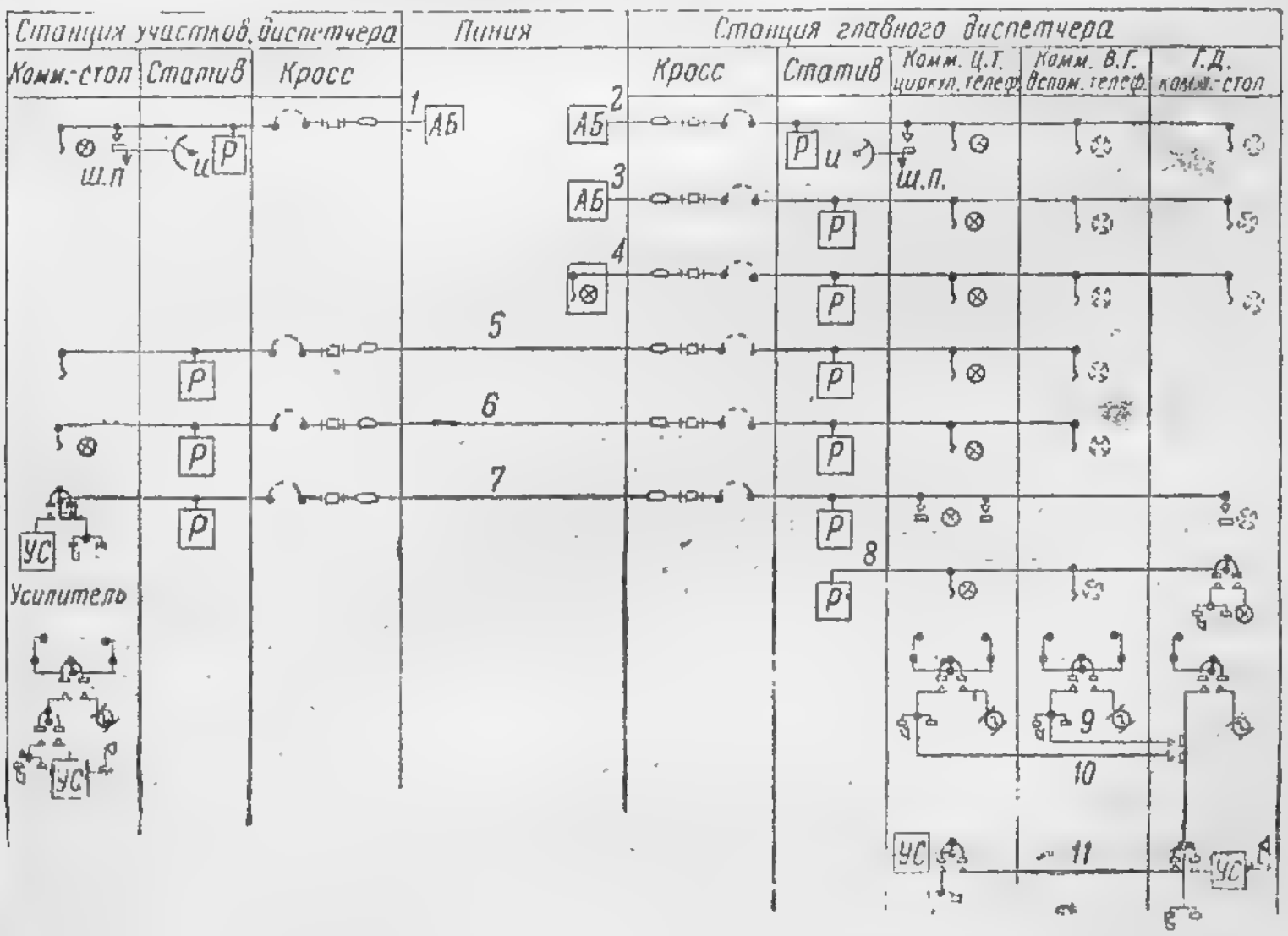
[1] Центральный (главный) диспетчер.

передаточные линии к коммутаторам телефонисток (циркулярной и вспомогательной), служебные линии, подключенные непосредственно к гарнитурам телефонисток, и спе-



Фиг. 10. Схема диспетчерской связи ленинградского трамвая.

цпальную линию, дающую возможность передавать циркулярные сообщения (фиг. 10).



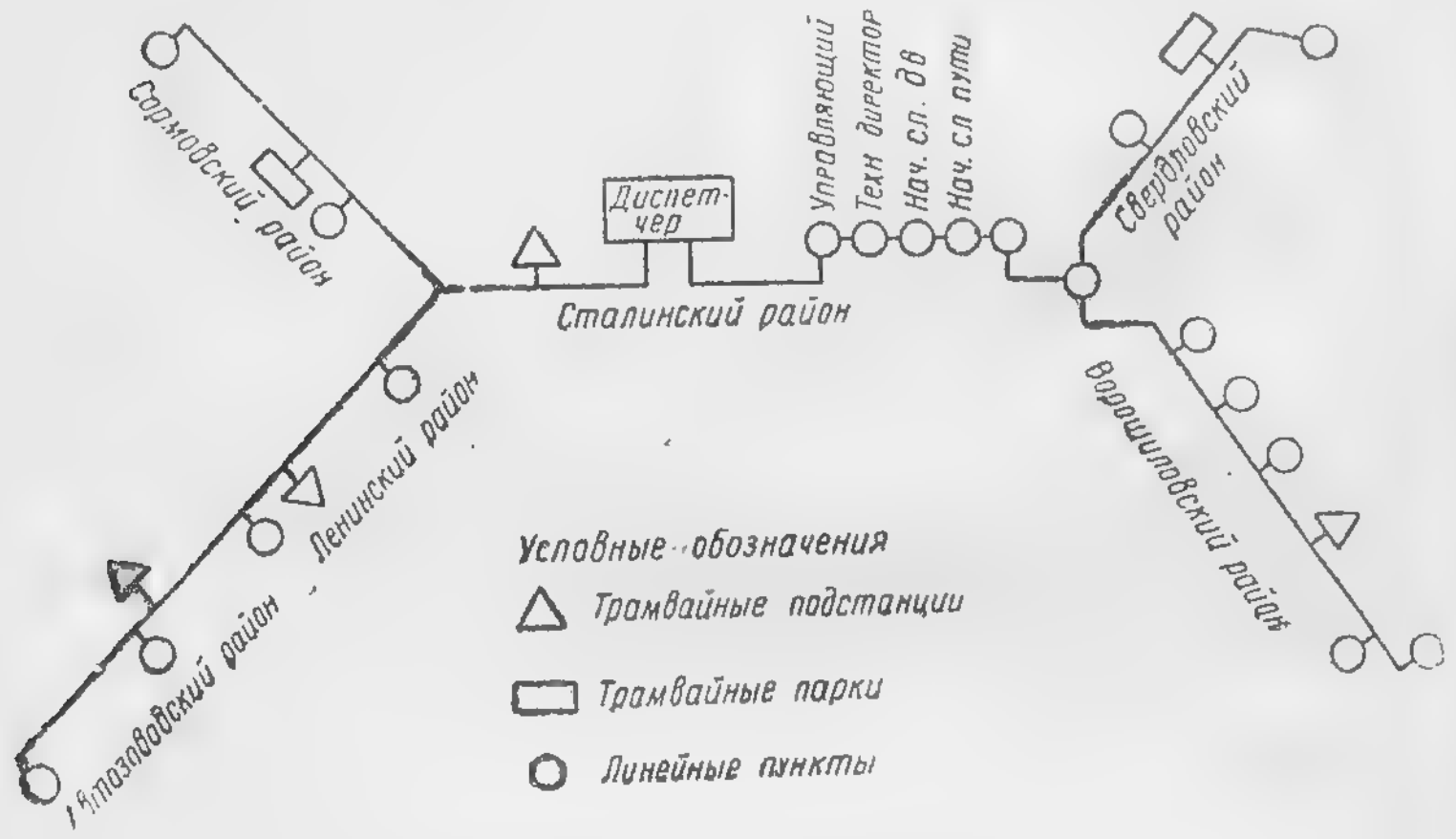
Фиг. 11. Скелетная схема диспетчерской связи ленинградского трамвая.

Станции ГД имеют два статива, общие для коммутаторов телефонисток и пульта ГД, с расположенными на них комплектами реле, искателями и усилителями.

ГД имеет, кроме того, специальную установку с микрофоном, соединенным с репродукторами РД и администрации управления, для информации о происходящих на линии авариях.

Каждая из шести станций РД имеет пульт (стол-коммутатор) РД и статив с расположенными на нем комплектами реле, искателями и усилителем.

Каждый коммутатор РД дает возможность, помимо обычных телефонных переговоров, осуществлять циркуляр-



Фиг. 12. Схема диспетчерской селекторной связи горьковского трамвая.

ную передачу, имеет входящие и исходящие соединительные линии с коммутатором телефонистки ГД и административную линию к пульту ГД. Районные станции имеют специальные усилители, позволяющие производить циркулярные передачи и принимать любого абонента на репродуктор.

Для связи линейных абонентов с диспетчерской станцией использована сеть городской телефонной станции.

Телефонная сеть диспетчерской станции питается собственным током от аккумуляторной батареи напряжением 30 в.

Характер соединения линий, включенных в станции ГД и РД, виден из скелетной схемы связи (фиг. 11).

Схема подключения абонентов к сети диспетчерской связи трамвая г. Горького показана на фиг. 12

Днепропетровский трамвай применил систему селекторной связи с использованием проводов, к которым подключены электрические часы.

Эксплоатация такой связи дала хорошие результаты. Решением I Всесоюзного съезда ВНИТО городского электротранспорта она рекомендована как типовая система связи для диспетчерского управления на малых и средних трамваях.

23. ПРИЧИНЫ РАССТРОЙСТВА РЕГУЛЯРНОГО ДВИЖЕНИЯ И СПОСОБЫ ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Причины, вызывающие расстройство движения, можно разделить на три основные группы:

а) нарушение парком наряда выпуска поездов на линию;

б) аварии на линии, задерживающие не только непосредственно поврежденный поезд, но и нарушающие движение других поездов, следующие за ним (обрыв или неисправность рабочего провода, сход вагона с рельсов, неисправности пути и пр.);

в) выход вагонов из строя по неисправности или другим причинам, не задерживающий движения остальных поездов.

При нарушении парком наряда регулярное движение восстанавливается заменой (по распоряжению диспетчера) невыпущенных по наряду вагонов резервными поездами.

При отсутствии резерва или его недостатка диспетчер указывает парку, сколько и каких (порядковых по выпуску) поездов не выпускать на определенные маршруты. В этом случае для уменьшения образовавшегося интервала (двойного) необходимо передвинуть по наряду вперед лишь один поезд, ближайший к образовавшемуся интервалу. Передвижение поездов допускается только на маршрутах, имеющих в часы максимума движения интервал 6, 7 и более минут. При интервале, меньшем 6 мин. (3, 4, 5 мин.), допускается двойной интервал 6, 8, 10 мин.

Регулярное движение поездов поддерживается следующими мерами:

а) подменой опоздавшего к выпуску поезда резервным или другим поездом, более поздним по выпуску, того же маршрута, что и опаздывающий [1];

б) подбором времени выхода поезда с таким расчетом, чтобы он прибыл в конечный пункт по расписанию.

---

[1] Распоряжение о подмене дает диспетчер.

При задержках аварийного характера, не более 6 мин., нарушенное движение восстанавливается:

а) форсированием движения (при длительности рейса в 60 мин. можно сэкономить 1 мин.);

б) сокращением простоя на остановочных пунктах (с соблюдением правил безопасности при трогании поезда можно получить экономию времени на рейс до 0,5 мин.);

в) сокращением стоянки на конечном пункте (можно получить экономию времени до 2,5 мин.);

г) использованием запаса заданной нормы времени пробега по расписанию, исчисляемого обычно в 3—5% (можно сэкономить на рейс до 2—3 мин.).

В общем можно считать, что задержка в 6—7 мин. (один интервал) может быть устранена самой вагонной бригадой и линейным агентом на конечном пункте без маневровых операций.

При задержках аварийного характера более 5—6 мин. необходимо немедленно приостановить подход поездов к месту аварии и организовать обходное движение.

Обходное движение должно итти по пути, позволяющему наиболее быстро направить поезд по нормальному маршруту.

Восстановить нормальное движение можно также возвратом поезда (укороченный рейс). Поезд не допускают до конечного пункта и направляют в обратный рейс с таким расчетом, чтобы в следующем рейсе он шел по расписанию.

При неисправности вагона на линии нарушенное движение восстанавливается заменой этого вагона исправным, вызванным из парка.

При выходе заменяющего вагона на линию необходимо организовать его движение с таким расчетом, чтобы восстановить нарушенное расписание. Для этого поезд направляется в неполный рейс до определенного пункта, возвращается в конечный пункт и отсюда начинает движение по расписанию.

Выбор пункта возврата и времени отправления в неполный рейс определяется продолжительностью простоя поезда и временем пробега рейса до пункта возврата и регулируется размером дополнительной стоянки в пункте запаса.

24. МАНЕВРОВАЯ РАБОТА НА ЛИНИИ

Кантовка вагонов или поездов производится, если нужно пустить поезд в обратном направлении или переставить моторный вагон задней площадкой вперед, чтобы весь поезд продолжал движение в прежнем направлении.

Кантовку поезда можно осуществить лишь при наличии треугольника; состоит она из двух движений по правому пути и одного по левому пути (прицепным вагоном вперед).

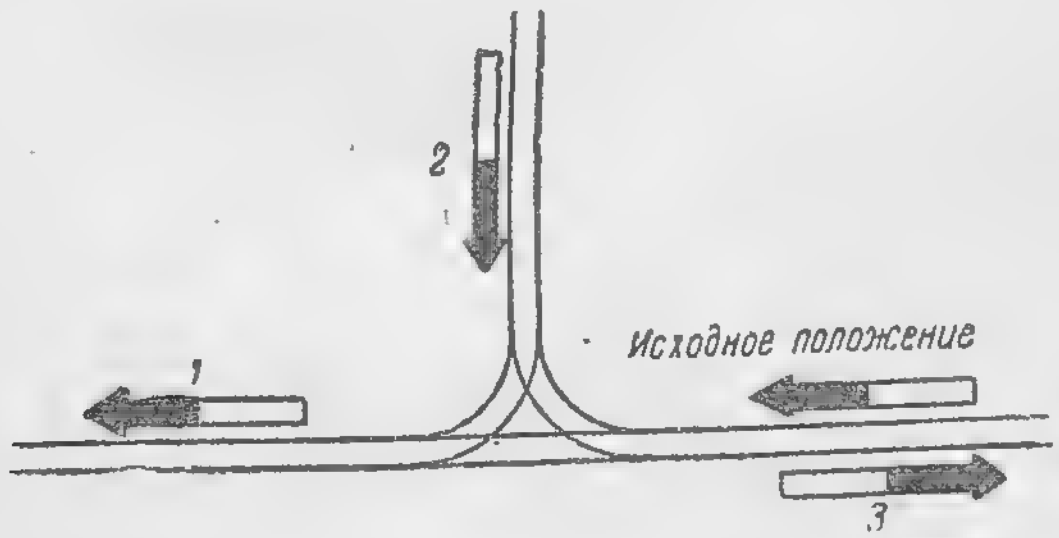
Движение прицепного вагона вперед по левому пути опасно. Поэтому маневры по возврату поезда нужно выполнять так, чтобы движение по левому пути производилось в наиболее безопасном направлении.

Такими направлениями являются:

а) направление к участку, на котором нет движения вагонов или оно незначительно,

б) кратчайшее направление.

Если имеется бездействующий участок или участок со слабым движением, маневры производятся в следующем порядке:



Фиг. 13. Схема кантовки поезда.

1) движение вперед мимо бездействующего участка,
2) движение назад на бездействующий участок и
3) движение вперед в исходное положение.

Пример выполнения таких маневров показан на фиг. 13.

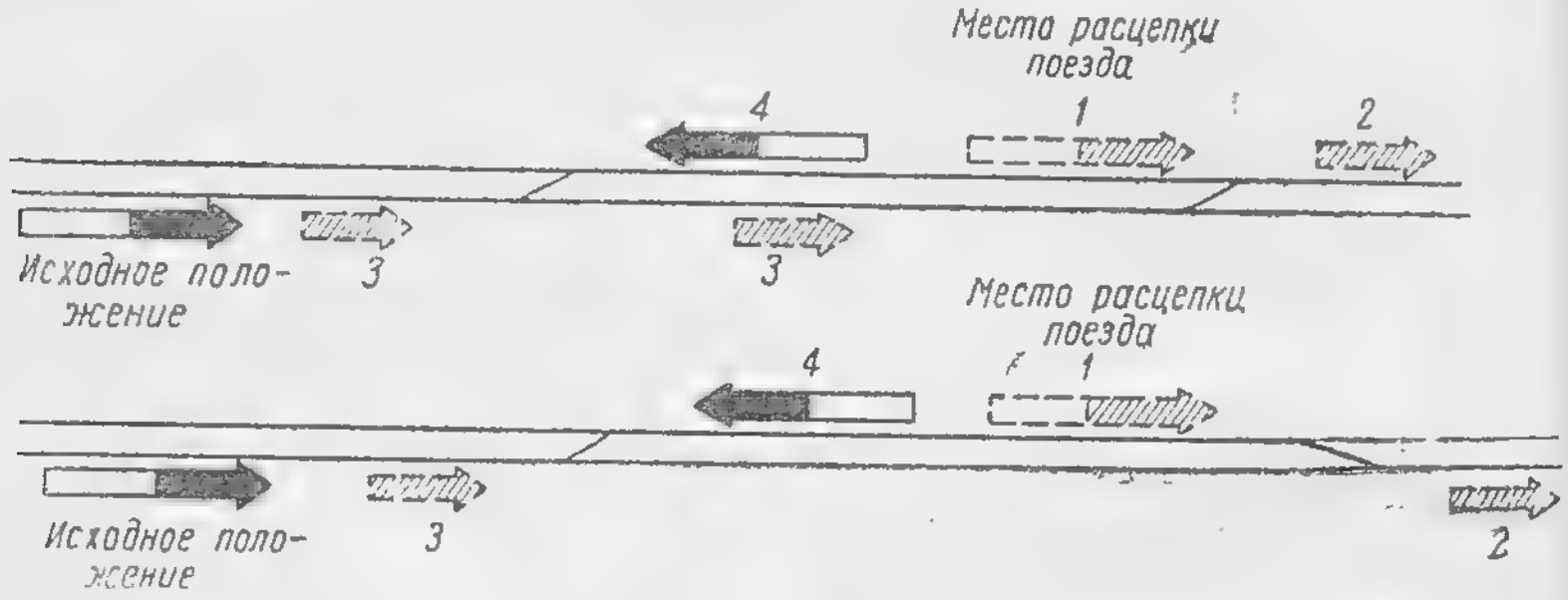
На однопутном участке можно перекантовать вагон при наличии одного треугольника или кольца.

Для кантовки поезда, при наличии двух переходов, нужно, кроме маневров, произвести расцепку и сцепку вагонов; при этом одновременно происходит кантовка моторного вагона задней площадкой вперед.

На однопутном участке маневры начинаются с противошерстной стрелки и производятся в следующем порядке (фиг. 14):

1) движение всего поезда вперед на тот путь, с которого производится его отправка и расцепка поезда;

2 и 3) движение моторного вагона вперед и назад;
4) движение моторного вагона к прицепному с другой стороны и сцепка поезда.



Фиг. 14. Схема кантовки вагона.

В таком же порядке производятся маневры поезда при двухпутном участке в том случае, если исходное положение находится у противошерстных стрелок.

25. СИСТЕМА ТАРИФОВ

Существует несколько систем тарифов:
1) дифференциально-участковый тариф (поясной);
2) маршрутный тариф;
3) смешанный дифференциально-участковый тариф, при котором, кроме тарифных участков, имеется маршрутный тариф;
4) единый тариф.

При системе простых отрубных участков каждый маршрут делится на определенное число участков, плата за проезд которых одинакова. При переезде через границу участка взимается плата за два участка, даже если расстояние поездки незначительно. Это система неудобна для пассажиров.

Маршрутный тариф является одной из разновидностей дифференциально-участковой системы. Он заключается в том, что на маршруте устанавливается единая тарифная сетка без деления на участки. Она дифференцируется в зависимости от длины маршрута.

Система маршрутного тарифа наиболее целесообразна

в городах с незначительным количеством и резко изменяющейся длиной маршрутов.

Для трамвайных предприятий с большим маршрутным коэффициентом, со значительным протяжением маршрутов и большим наполнением вагонов особенно целесообразен единый тариф.

Единый тариф облегчает расчет между кондуктором и пассажирами, которым не приходится запоминать границы тарифных участков и наводить справки о размере оплаты проезда. Основные преимущества единого тарифа по сравнению с участковым тарифом заключаются в выгоде для пассажиров, едущих на длинные расстояния.

В настоящее время большинство трамваев СССР имеет единые тарифы.

В практике трамвайных предприятий существует предварительная продажа проездных билетов в виде абонементных талонов или карточек.

Абонементные талоны бывают двух основных видов.

1. Абонементные талоны по стоимости нормального тарифа.

Удобство таких талонов заключается в простоте расчетов пассажира с кондуктором (так как в этом случае не требуется наличие разменной монеты) и в авансировании проездной платы трамвайному предприятию.

2. Абонементные талоны по льготному тарифу со скидкой в размере около 10% от нормального тарифа. Эти талоны распространяются обычно через хозяйственно-общественные организации предприятий и учреждений. Выпуск таких талонов имеет целью снизить тариф для постоянных пассажиров трамвая, а также повысить общее число пассажиров. Ручной багаж, разрешенный к провозу в трамвайных вагонах, обычно оплачивается в тройном размере по отношению к установленному тарифу оплаты проезда пассажира. В целях правильного учета провоза пассажиров и багажа, для последнего применяют специальные билеты.

26. СБОР ПЛАТЫ И КОНТРОЛЬ

Правильная организация сбора платы с пассажиров позволяет обеспечить:

а) внесение каждым пассажиром именно той платы, которая с него причитается (прямая оплата проезда наличными деньгами или талонами), либо предоставление дока-

зательств права на проезд установленным проездным документом;

б) возможность контроля в любое время как пассажиров, так и кондукторов (правильное взимание платы и сдача ее предприятию).

Действительность билета при участковом беспересадочном тарифе контролируется двумя способами:

а) на всех участках одинаковой цены применяется один и тот же билет, на котором кондуктор отмечает порядковый номер участка; отметка участка производится надрывом билета или пробивкой щипцами;

б) на каждом участке выдаются билеты, отличающиеся цветом или формой. При большом количестве участков (до 8—10), во избежание многообразия билетов, кондуктор может иметь билет только 3—4 цветов или форм. В этом случае на 5-й участок выдается тот же билет, что и на 1-й, на 6-й тот же, что и на 2-й, и т. д.

При наличии пересадок пересадочное право обычно предоставляется лишь для совершения одной полной поездки без перерывов и обратных заездов по возможно кратчайшему направлению. Пересадка должна совершаться сразу на первый поезд ожидаемого маршрута. Поэтому на билете должно быть отмечено время его выдачи, час дня (по получасам), число месяца.

Чтобы билет не мог быть использован на повторную поездку или поездку в другом направлении, на нем отмечается пункт посадки, высадки и пересадки, либо маршрут и направление движения. При участковом тарифе, при кольцевых и других сложных маршрутах, кроме маршрута и направления требуется еще указание места или участка посадки.

При билетном сборе платы с пассажиров применяются два способа использования талонов:

а) обмен талона на обычный билет,

б) погашение талона без обмена.

В первом случае, наиболее распространенном, облегчается работа кондуктора и унифицируется процесс выдачи билета. Талоны, сданные кондуктором в парке, дают возможность учитывать количество поездок по талонам и планировать эти поездки. Однако при обмене тратится двойное количество билетов и несколько усложняется отчетность в парках.

Второй способ (погашение) требует наличия специальных щипцов (компостеров), выбивающих особую для ка-

ждого кондуктора (или минимум для каждого поезда) отметку. При отсутствии таких отметок контроль пассажиров становится невозможным.

27. СИГНАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ ТРАМВАЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

Под аварией следует понимать всякое повреждение, причиненное подвижному составу в результате столкновения с рельсовым или безрельсовым транспортом, наезда на препятствия, порчи механизмов, пути или воздушной сети, если это сопровождалось травматическими случаями (причинение пассажирам и пассантам ушибов и увечий), или нарушением регулярности движения.

Сигнальные устройства служат для обеспечения безопасности уличного движения и увеличения пропускной способности узлов и перекрестков.

Основными, общими требованиями к сигнальным устройствам с точки зрения безопасности и бесперебойности движения являются:

а) простота сигнальных устройств и подаваемых ими сигналов;

б) ясное и вполне определенное значение каждого сигнала;

в) достаточная видимость сигналов на необходимом расстоянии при различных атмосферных условиях;

г) легкое управление сигнальными устройствами.

Вся система уличной сигнализации может быть, в основном, разделена на сигнализацию для управления общим уличным движением (потоками всех видов транспорта и пешеходами) и сигнализацию для трамвайного движения.

Трамвайная сигнализация подразделяется на:

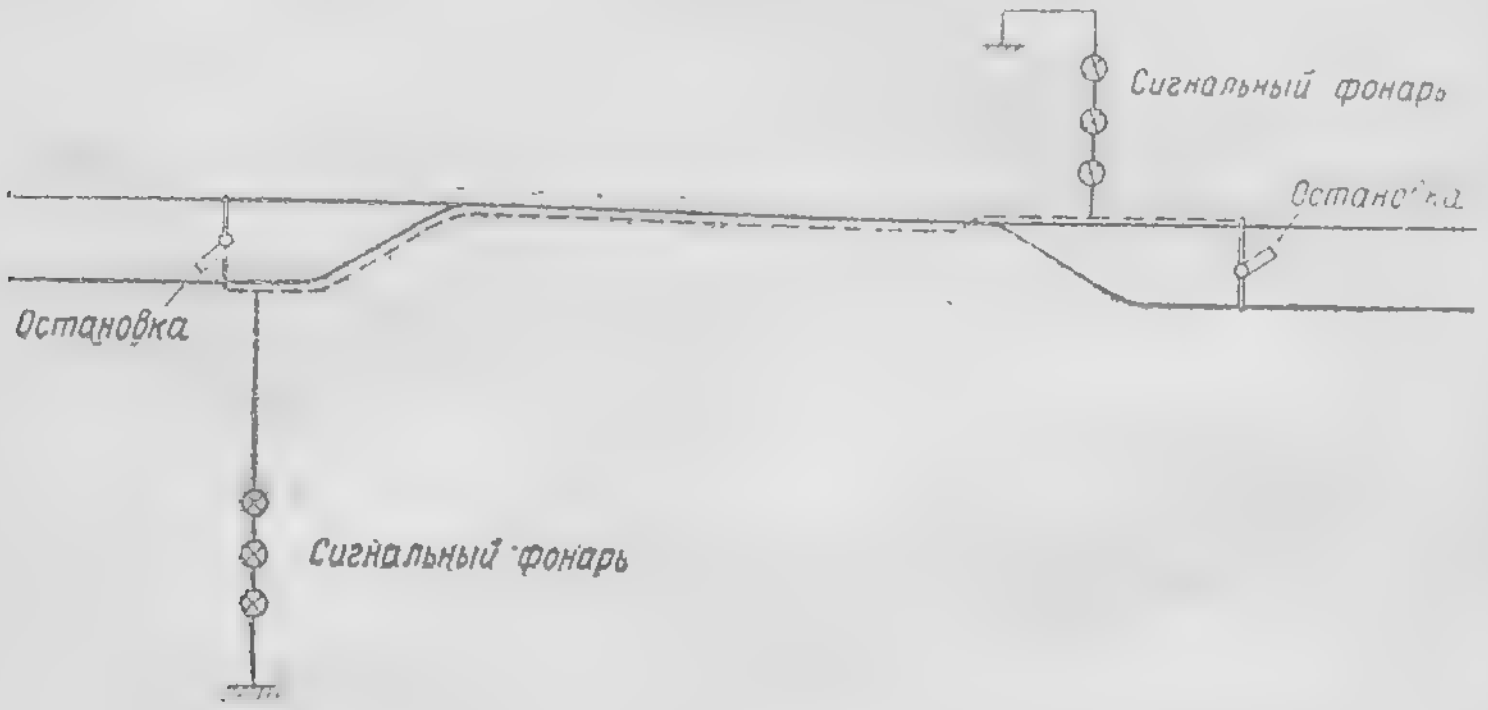
а) сигналы, автоматически включаемые проходящим поездом (сигнал с добавочным проводом), устанавливаемые на пересечении улиц, перед узкими проездами, перед проходами для пешеходов и на узлах.

Сигналы, предназначенные для пешеходов, имеют на стекле надпись «берегись трамвая»;

б) сигналы на одноколейных участках, устанавливаемые для предупреждения вагоновожатых о закрытии перехода.

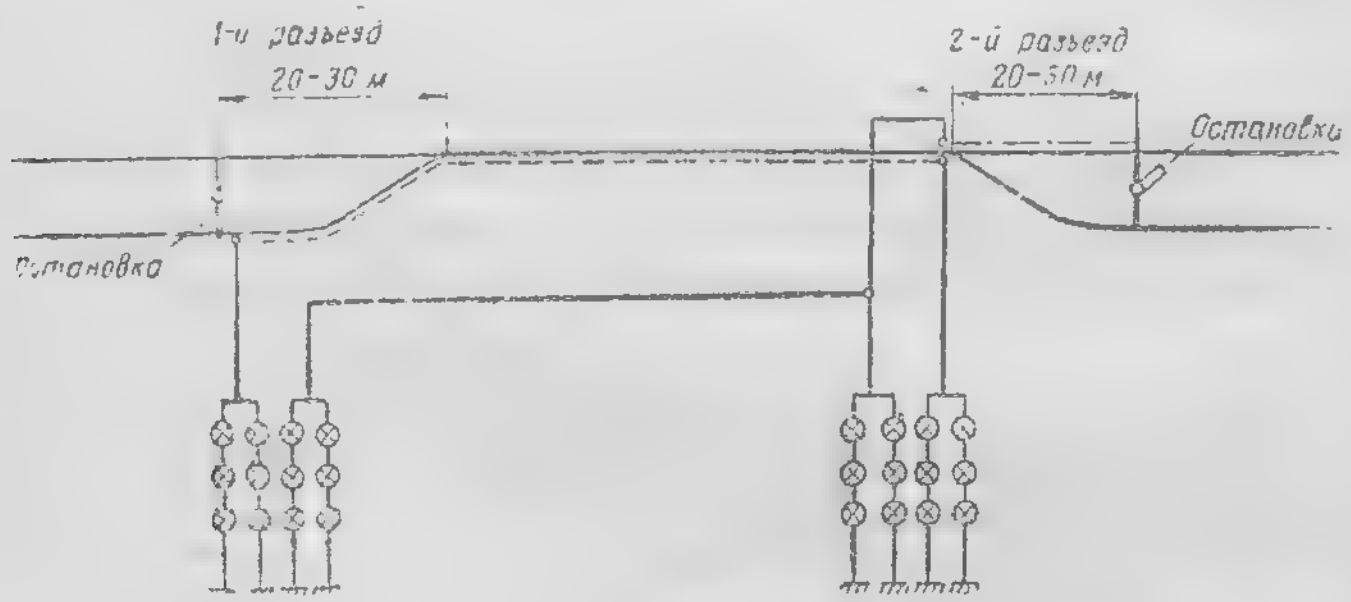
При коротких перегонах (до 300 м), находящихся в пределах прямой видимости, применяется схема сигнализации с одним добавочным проводом, протянутым вдоль контактного провода (фиг. 15).

На более длинных участках применяется схема с двумя добавочными проводами и одним соединительным для предупреждения въезда на перегон одновременно с обеих сторон (фиг. 16);



Фиг. 15. Схема простой однопутной сигнализации.

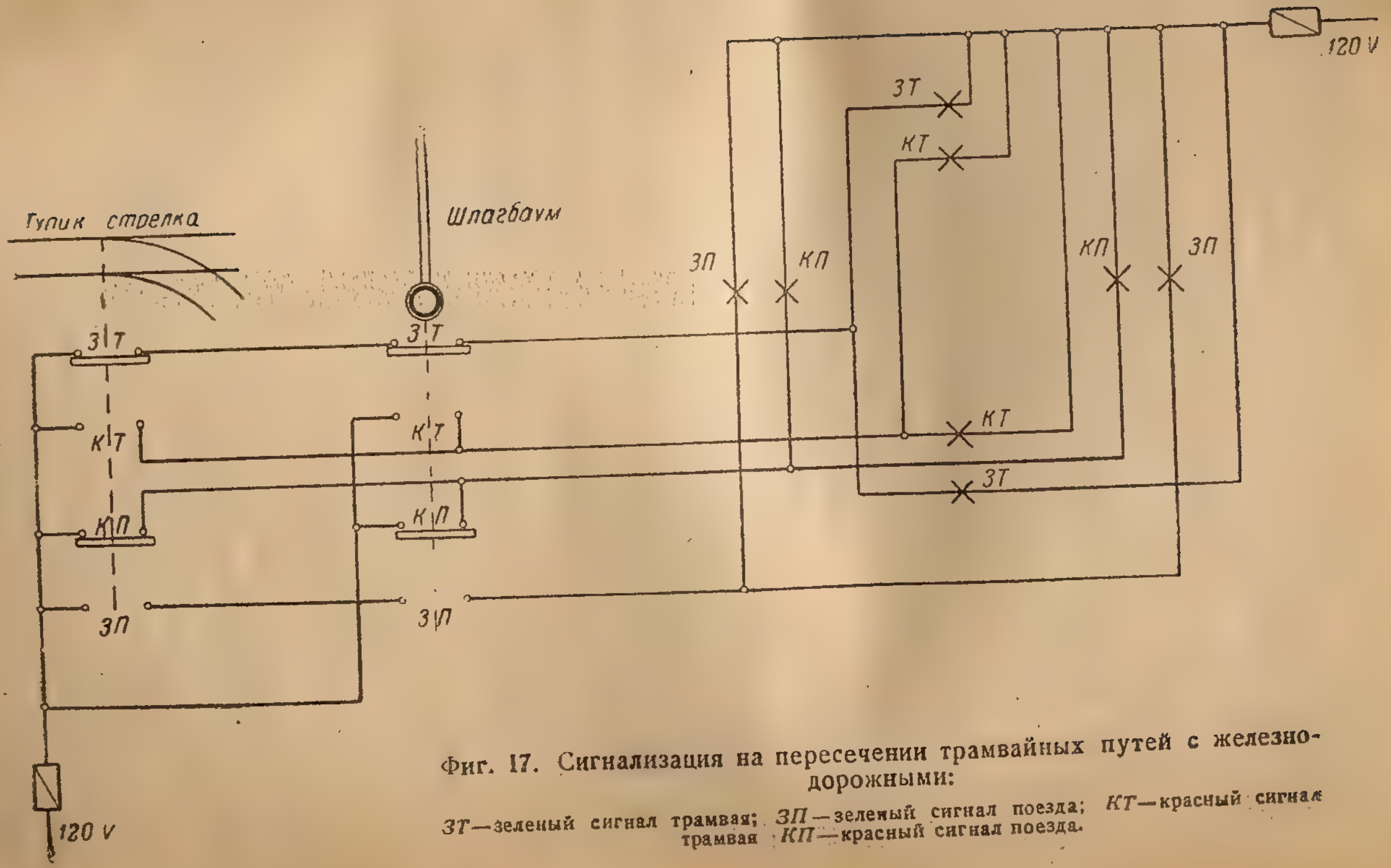
в) сигналы на пересечениях трамвайных путей в одном уровне с железнодорожными. Над пересечением подвешивается четырехсторонний двухзначный светофор, сблокированный с железнодорожными стрелками и шлагбаумами (фиг. 17).



Фиг. 16. Схема однопутной сигнализации с двумя добавочными проводами.

На шлагбаумах также устанавливаются дополнительные красные и зеленые сигналы;

г) сигнальные указатели мест остановки поездов, проезда автоматических стрелок, состояния пути («скользкий путь»), опасных проездов и т. п., включаемые либо в сеть городского освещения, либо в трамвайную сеть через вы-



Фиг. 17. Сигнализация на пересечении трамвайных путей с железнодорожными:

ЗТ—зеленый сигнал трамвая; *ЗП*—зеленый сигнал поезда; *КТ*—красный сигнал трамвая *КП*—красный сигнал поезда.

ключатель. Помимо перечисленных сигналов применяются указательные сигналы, которые разделяются на постоянные (величина предельной скорости, начало торможения, предупреждение о пересечении и т. п.) и временные (листопад, юз, временное ограничение скорости из-за ремонта пути, лопнувшего рельса и т. п.).

Постоянные указательные сигналы обычно подвешиваются на растяжках контактной сети и мачтах.

Временные сигналы представляют собой четко выполненные, хорошо различимые надписи на табличках, вывешиваемых вблизи пути и ясно видимых из вагона, или на дисках, укрепленных на шестах, выставляемых вблизи пути.

Обозначения дисков установлены в ПТЭ трамвая.

28. КЛАССИФИКАЦИЯ, УЧЕТ И СТАТИСТИКА АВАРИЙ И СЛУЧАЕВ ТРАВМАТИЗМА

Расследование аварий и случаев травматизма играет решающую роль в борьбе за полную безопасность движения.

Наезды трамвая на людей (несчастные случаи) бывают лобовые (при переходе открытого пути, выходе на трамвайный путь из-за укрытия, работе на путях и пр.) и боковые (при входе и выходе на-ходу поезда, падении с подножек и пр.).

Наезды вагона на вагон (столкновения) могут происходить:

а) на одном пути (передне-задние и задне-передние);

б) на разных путях (боковые — на пересекающий поезд).

Кроме того, возможны наезды и столкновения с другими видами транспорта.

Наезды вагона на автогужевой транспорт бывают:

а) при стоянке транспорта на рельсах или проезде по путям;

б) при заезде транспорта на рельсы или проезде в пределах габарита подвижного состава. Наезды на людей и транспорт, а также столкновения могут происходить как по вине работников трамвая, так и по вине пострадавших, или по причинам, независящим от работников трамвайного предприятия.

Сход вагонов с рельсов может вызвать заезд на проезжую часть и даже на тротуар. При этой аварии возможны случаи травматизма.

Аварии и несчастные случаи по вине трамвайного предприятия происходят вследствие нарушения работниками трамвая правил технической эксплоатации, приказов, распоряжений и должностных инструкций, а также вследствие неисправности подвижного состава, пути и контактной сети.

Трамвайные предприятия должны:

1) регистрировать все аварийные и травматические случаи на линии;

2) производить учет и анализ аварий и случаев травматизма для установления их причин и последствий;

3) немедленно принимать меры предотвращения аварий и случаев травматизма.

Анализ аварий и случаев травматизма основывается на их детальной статистике.

Раздел III

ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

29. ШИРИНА КОЛЕИ, РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ОСЯМИ ПУТИ И МЕЖДУПУТЬЯ

Ширина колеи трамвайных линий измеряется по нормали к оси пути между рабочими кантами рельсов.

Нормальная ширина колеи трамвайных линий в СССР принята: на прямых участках и в кривых радиусом больше 75 м — 1524 мм [1]; в кривых радиусом до 75 м — 1532 мм.

Расстояние между осями путей измеряется по нормали к оси полотна.

Ширина междупутья на двухпутных участках измеряется по нормали к оси полотна между рабочими кантами внутренних ниток рельсов. Она равна расстоянию между осями путей за вычетом ширины колеи.

Расстояние между осями путей и ширина междупутья на прямых участках определяются по следующим данным:

1) ширине кузова вагона — 2600 мм;

2) расстоянию между кузовами встречных вагонов, при отсутствии опор на междупутье, — 600 мм;

3) диаметру опоры для подвески провода — 350 мм;

4) расстоянию между кузовом вагона и контуром опоры — 300 мм.

Наименьшее расстояние между осями путей на прямых участках при отсутствии опор в междупутьи принимается 3148 мм, нормальное — 3200 мм, а при наличии опоры в междупутьи — 3550 мм.

Расстояние между осями путей и ширина междупутья на кривых участках являются величинами переменными. Они зависят от принятого метода трассировки (из одного или из разных центров) и радиусов кривых наружного и

---

[1] Узкая колея шириной 1000 мм сохранилась в нескольких городах — Симферополе, Евпатории, Астрахани, Пятигорске и др. В Ростове-на-Дону ширина колеи 1435 мм. *Примечание редактора.*

внутреннего путей, а также от расстояния между осями путей на примыкающих к кривой прямых участках.

Ширина междупутья кривых назначается с таким расчетом, чтобы расстояние между наиболее выступающими точками двух встречных четырехосных вагонов, проходящих по кривым, было не менее 300 мм.

Величины наибольших выносов и свесов четырехосных 15-метровых вагонов с шириной кузова 2600 мм и разности между выносом и свесом на кривой и прямой приведены в табл. 21 (стр. 97).

Сужение междупутья допускается до 10 мм. Уширение не нормируется и допускается, если это необходимо, по местным условиям.

30. РАСПОЛОЖЕНИЕ ПУТЕЙ В ПЛАНЕ, ПРОДОЛЬНЫЕ И ПОПЕРЕЧНЫЕ УКЛОНЫ

Нормальной схемой трамвайных путей в городах следует считать двухпутную с кольцами для возврата вагонов на конечных пунктах, а также на промежуточных пунктах, являющихся конечными для некоторых маршрутов.

Одноколейные пути устраивать не рекомендуется, но в некоторых случаях их приходится делать: на загородных линиях со слабым движением, на недостаточно широких городских улицах, по сторонам бульваров.

На линиях со слабым движением устраиваются разъезды через 400—500 м, но путь трассируется с таким расчетом, чтобы при развитии движения можно было уложить второй путь без перекладки первого.

При прокладке одиночных путей в городах с недостаточно широкими улицами движение во встречном направлении устраивается по параллельным улицам.

Иногда бывает необходима прокладка одиночных путей в узких местах небольшого протяжения, например, на мостах недостаточной ширины, под путепроводами, в тоннелях и пр. В этих случаях, во избежание устройства стрелок и их обслуживания, можно устраивать сплетение двух путей с соответствующей сигнализацией.

Пути трамвая в поперечном сечении улиц могут иметь следующее расположение: по оси улицы (центральное), на одной стороне ее (одностороннее) и по двум сторонам бульвара или полосы для транспорта большой скорости (двухстороннее).

Центральное расположение двухколейных путей наиболее удобно. Одностороннее расположение путей допускается вдоль садов, парков, набережных и пр. при отсутствии частых пересечений с поперечными улицами.

Продольный профиль трамвайного пути зависит от существующего или проектируемого профиля улиц, по которым проходит трасса.

Предельный продольный уклон путей для прямых принимается:

для одновагонного состава — 9%,

для состава с моторным и одним прицепным вагоном — 8%

для состава с моторным и двумя прицепными вагонами 6%.

При совпадении подъема с кривой необходимо учесть влияния сопротивления кривой и уменьшить продольный уклон на величину $i = \frac{1}{2R}$.

Сопряжение двух смежных продольных уклонов пути или уклона с площадкой, алгебраическая разность которых больше 0,015, производится путем устройства в вертикальной плоскости кривой радиусом от 350 до 400 м.

Поперечный уклон трамвайных путей на общем с проезжей частью полотне увязывается с существующим или проектируемым поперечным профилем улицы.

Поперечный уклон проезжей части улицы, в свою очередь, зависит от сочетания типа покрытия и продольного уклона (табл. 13).

Таблица 13

Поперечные уклоны проезжей части города

Продольный уклон	Тип покрытия			
	булыжное замощение	замощение брусчаткой	замощение торцом или клинкерное	асфальтобетон
0,002—0,01	0,04	0,03	0,03	0,02
0,011—0,02	0,035	0,035	0,025	0,015
0,021—0,03	0,03	0,02	0,02	0,015
0,03 и выше	0,025	0,02	Не допускается	

На обособленном полотне трамвайные пути укладываются обычно на 15—20 см выше уровня проезжей части улицы и отделяются от нее бортовыми камнями (поребриками).

Для обеспечения стока воды с трамвайных замощенных путей в поперечном направлении внутренние рельсы на прямых укладываются с повышением на 10 мм, т. е. полотну придается поперечный уклон 0,0067.

В узлах, а также на прямых путях на собственном и обособленном полотне рельсы укладываются на одном уровне. Повышение наружного рельса в кривых определяется радиусом кривой и скоростью движения вагонов.

31. НОРМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ И КОНСТРУКЦИИ ПУТЕЙ

Расположение трамвайных путей на городских улицах разрешается при условии, что прокладкой их не будет затруднено или нарушено нормальное движение внерельсового транспорта. Проезд должен быть достаточно широким, чтобы разместить полотно под трамвайные пути и оставить полосы для движения безрельсового транспорта.

Ширина полосы для одностороннего движения безрельсового транспорта в один ряд с обгоном должна быть не меньше 6,5 м. Для более интенсивного движения в два ряда эта ширина увеличивается до 9 м, а при движении в три ряда — до 12 м.

Полотном трамвайных путей называется полоса, ограниченная габаритами приближения экипажей безрельсового транспорта, определяемыми требованиями безопасности движения.

При одностороннем расположении трамвайных путей граница полотна со стороны проезда определяется габаритом приближения экипажей, а с другой стороны — гранью тротуара или оградой сада.

Габаритные нормы, отвечающие требованиям безопасности движения, следующие:

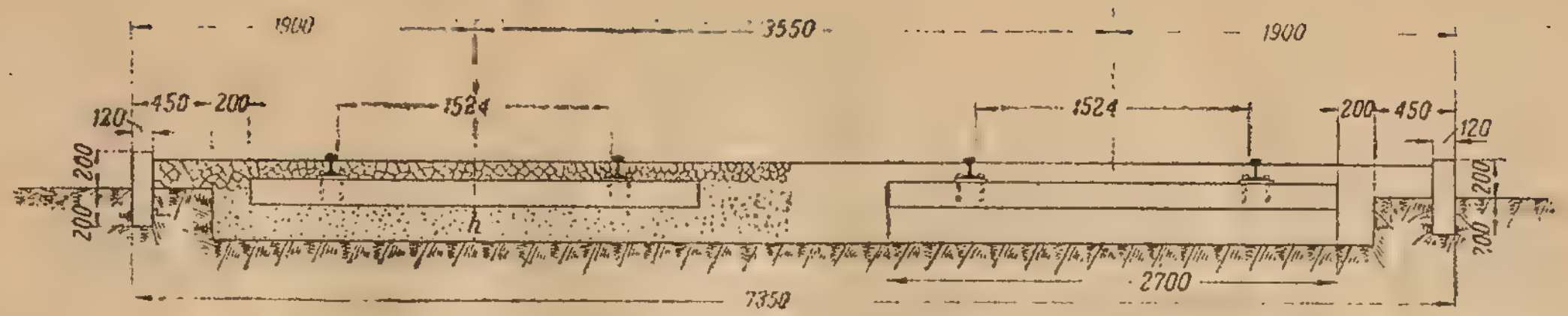
а) безопасный промежуток между кузовом вагона и экипажем — 400 мм;

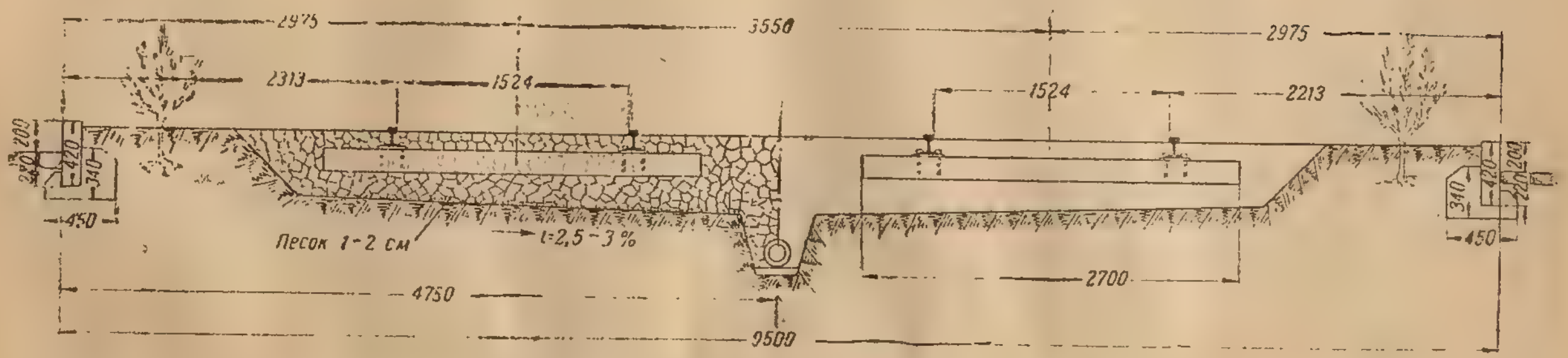
б) расстояние между кузовом вагона и гранью тротуара — 600 мм;

в) то же до ограды сада — 800 мм;

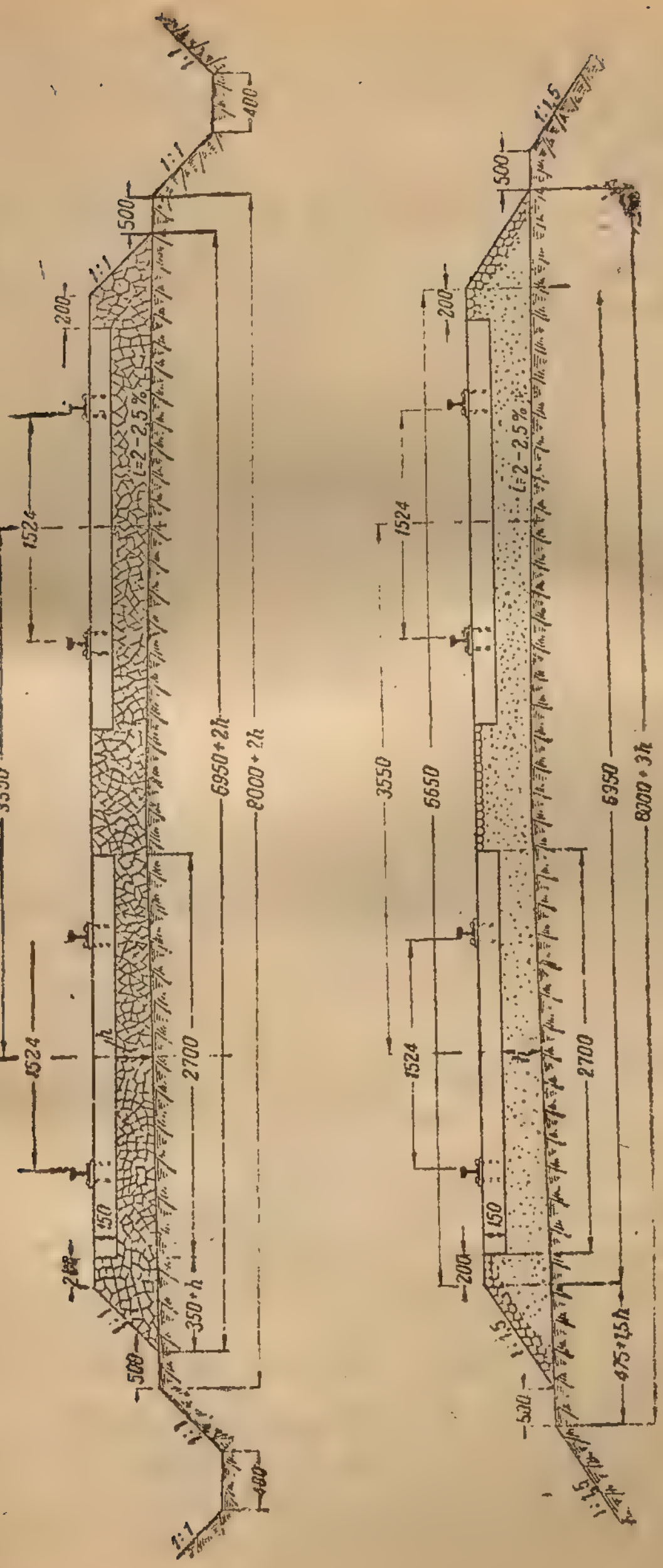
г) наименьшее расстояние между кузовом вагона и гранью бортового камня на обособленном полотне — 600 мм.

Этими нормами определяются также габаритные нормы расположения путей в проездах и трассировка путей.





Фиг. 18. Пути на обособленном полотне.



Фиг. 19. Пути на самостоятельном полотне.

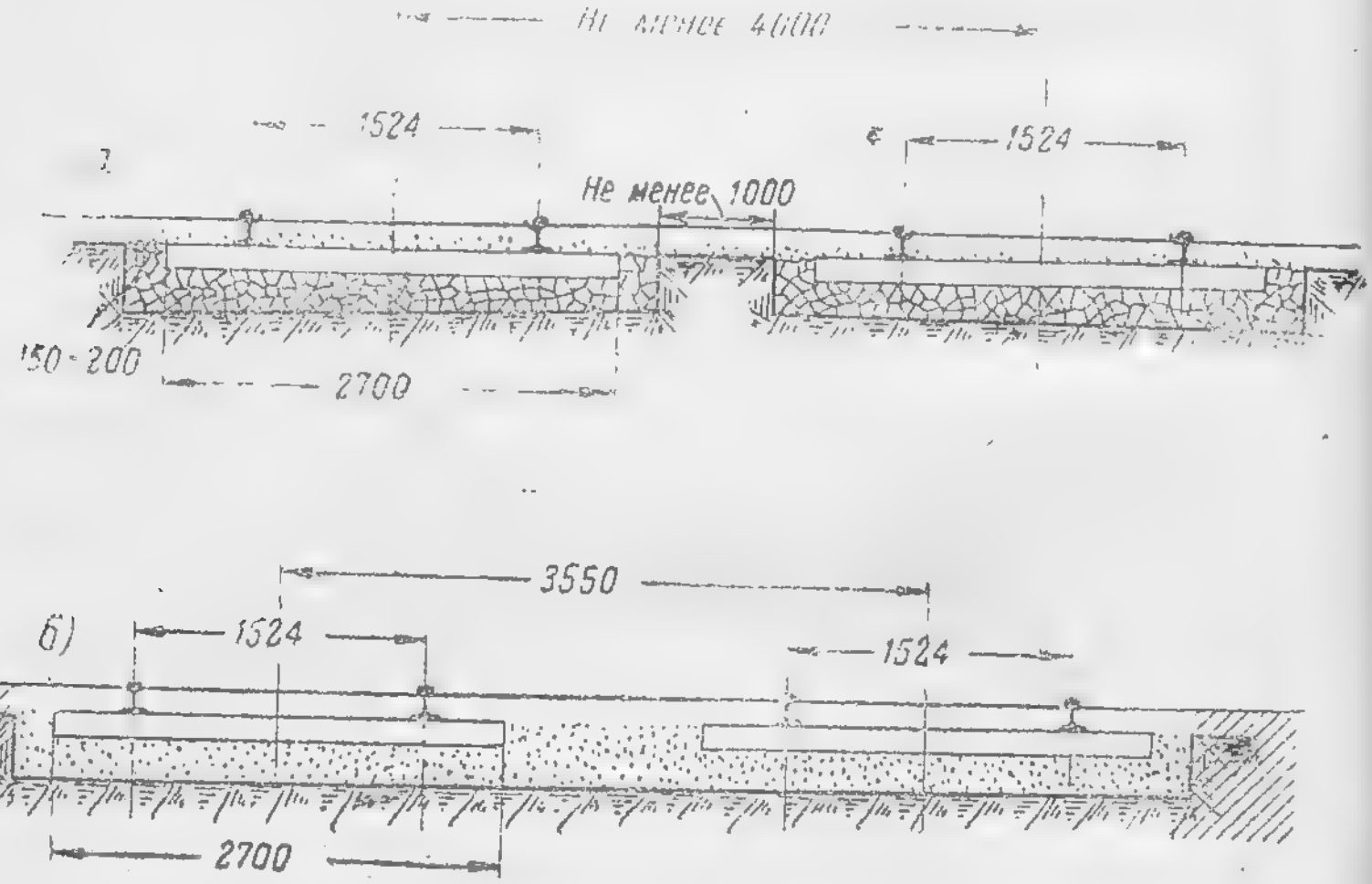
Прокладка путей зависит от местных условий и может быть осуществлена:

1) на обособленном полотне, отделенном от проезжей части улицы;

2) на собственном полотне (загородные линии);

3) на общем полотне с другими видами городского транспорта.

Трамвайные пути первой группы (фиг. 18) имеют следующие преимущества:



Фиг. 20. Пути, замощенные в уровень с проезжей частью улиц.

а) доступны для постоянного надзора; мелкие дефекты обнаруживаются и ликвидируются без нарушения нормальной работы трамвайного и безрельсового транспорта;

б) повышают безопасность движения всех видов городского транспорта;

в) допускают укладку рельсов более легких типов;

г) дешевле замощенных как в постройке, так и в эксплоатации;

д) дают возможность лучше оформить городские проезды и бульвары.

Пути второй группы (фиг. 19) укладываются на обособленном полотне, типа железнодорожного; это упрощает устройство водоотвода и содержание пути в целом. Пути этой группы устраиваются на вылетных линиях.

связывающих город с дачными местностями, пригородными хозяйствами, заводами и фабриками.

Для внешнего благоустройства и защиты ходовых частей подвижного состава от пыли полотно обособленных и самостоятельных путей в большинстве случаев покрывается замощением из мелкого камня или щебнем до головки рельса.

Пути, замощенные в уровень с проезжей частью улиц (фиг. 20), устраиваются в котлованах и работают в более тяжелых условиях, чем открытые пути. Эксплоатационные затруднения заключаются в недоступности пути для систематического надзора и профилактического ремонта.

Для устойчивости замощения из штучного материала требуется применение рельсов большей высоты, чем в открытых путях, а для прохода реборды — снабжение рельсов жолобом (рельсы типа «Феникс»).

Нагрузка на ось в трамвайных путях меньше, чем в железнодорожных, но вследствие загрязнения трамвайных рельсов в условиях замощения путей, частых торможений и большего количества ведущих осей, износ рельсов на трамвайных путях происходит интенсивнее, чем на железнодорожных.

32. НОРМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПУТЕЙ НА ОБЩЕМ ПОЛОТНЕ

Трамвайные пути на общем полотне замащиваются в уровень с проезжей частью улицы и могут служить для движения прочих видов транспорта.

При расположении трамвайных путей на общем полотне по оси улиц не рекомендуется устанавливать опоры для подвески провода на междупутье, независимо от его ширины.

Таблица 14

Пути по оси улицы

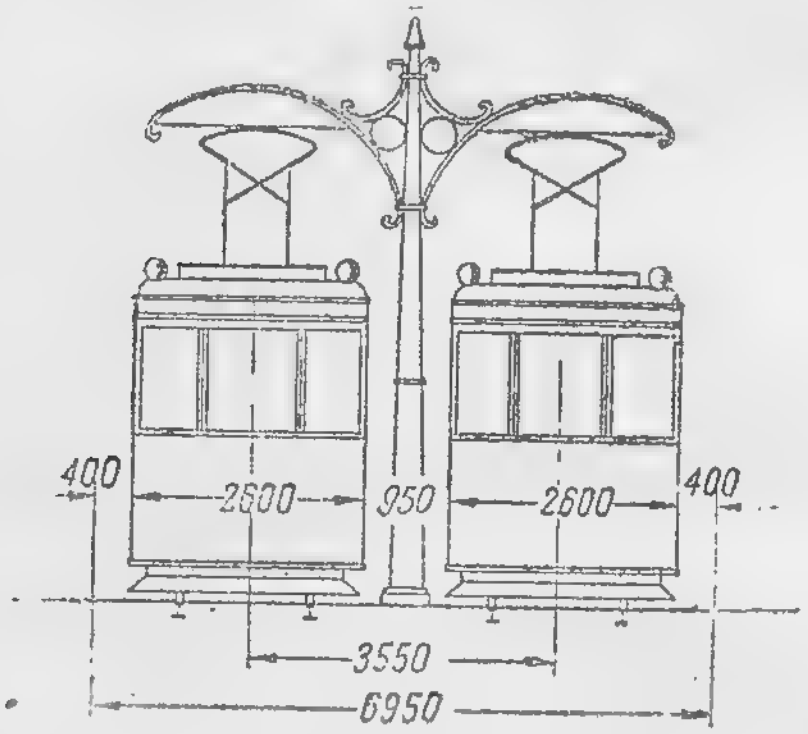
Междупутье	Одиночный путь	Двойной путь		
	ширина полотна, мм	ширина полотна, мм	расстояние между осями путей, мм	ширина междупутья, мм
Нормальное	3 400	6 950	3 550	2 026
Минимальное		6 550	3 148	1 624

Ширина полотна трамвайных путей для разных случаев размещения их на общем полотне в одном уровне

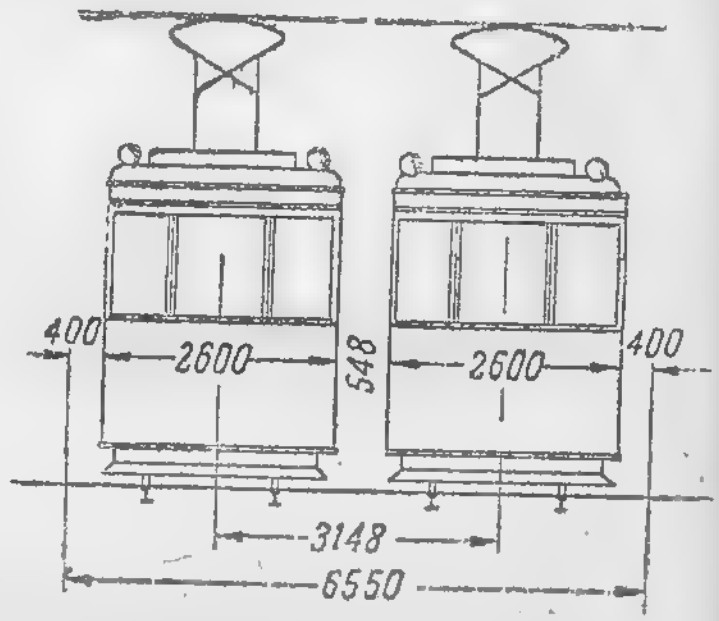
Таблица 15

Междупутье	Пути на одной стороне улицы					
	Одиночный путь		Двойной путь			
	ширина полотна до тротуара, мм	ширина полотна до ограды, мм	ширина полотна до тротуара, мм	ширина полотна до ограды, мм	расстояние между осями пути, мм	ширина междупутья, мм
Нормальное	3 600	3 800	7 150	7 350	3 550	2 026
Минимальное			6 800	7 000	3 148	1 624

с проезжей частью улицы (фиг. 21 и 22) приведена в табл. 14 и 15.



Фиг. 21. Габариты путей.



Фиг. 22. Габариты путей.

Указанные нормы относятся к прямым участкам пути. В кривых эти нормы увеличиваются на величину уширения пути и междупутья в зависимости от радиуса кривой и типа вагона.

33. НОРМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПУТЕЙ НА ОБОСОБЛЕННОМ ПОЛОТНЕ

Ширина обособленного полотна измеряется: в случае ограждения с обеих сторон — между бортовыми камнями;

при ограждении с одной стороны (вдоль тротуаров и бульваров) — от бортового камня до тротуара или ограды.

Расстояние между боковой плоскостью кузова вагона и наружной гранью бортового камня принимается не менее 600 мм. Это расстояние может быть увеличено в случаях наличия между полотном и проезжей частью улицы зеленой полосы или насаждений.

Укладывание путей на обособленное полотно разрешается при условии, если для каждого направления движения безрельсового транспорта остается по ширине улицы не менее 9 м.

Размеры элементов обособленного полотна на прямых приведены в табл. 16 и 17.

Таблица 16

Ширина обособленного полотна, огражденного бортовым камнем с обеих сторон (по оси улицы)

Междупутье	Одиночный путь	Двойной путь		
	ширина полотна, мм	ширина полотна, мм	расстояние между осями путей, мм	ширина междупутья, мм
Нормальное	3 800	7 350	3 550	2 026
Минимальное		6 950	3 148	1 624

Таблица 17

Ширина обособленного полотна, огражденного бортовым камнем с одной стороны

Междупутье	Одиночный путь		Двойной путь			
	ширина полотна до тротуара, мм	ширина полотна до ограды, мм	ширина полотна до тротуара, мм	ширина полотна до ограды, мм	расстояние между осями, мм	ширина междупутья, мм
Нормальное	3 800	4 000	7 350	7 550	3 550	2 026
Минимальное			7 000	7 200	3 148	1 624

На кривых участках линии ширина полотна увеличивается в зависимости от уширения пути и междупутья.

34. НОРМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПУТЕЙ НА ЗАГОРОДНЫХ ВЫЛЕТНЫХ ЛИНИЯХ

Ширина полосы, занимаемой трамвайными путями на самостоятельном полотне, зависит от высоты насыпи, глубины выемки и размеров водоотводных канав, а также от ширины междупутья и размеров элементов пути (длина шпалы, толщина и материалы балласта).

При определении ширины полотна принимают, что край балласта на уровне верхней поверхности шпалы отходит от конца шпалы на 150—200 мм при щебеночном балласте и на 200—300 мм при песчаном баласте. Откос щебеночного балласта принимается 1 : 1, песчаного — 1 : $1^1/_2$. Ширина бермы не менее 500 мм (фиг. 19). Откосы насыпи и выемки устанавливаются в зависимости от качества грунта. Размеры водоотводных канав принимаются по нормам устройства водоотвода, но не менее следующих: ширина по дну 0,4 м, глубина 0,4 м, откосы 1 : 1.

При трассировке трамвайных путей необходимо соблюдать габариты приближения зданий и строений. Нормы приближения сооружений до оси ближайшего прямого пути:

1) жилых и административных зданий — не менее 3800 мм;

2) столбов — 2300 мм;

3) стен нежилых построек и заборов при протяжении не более 2 м — 2300 мм, при протяжении более 2 м — 2800 м;

4) устоев путепроводов, а также перил мостов и путепроводов при запрещении доступа пешеходов — 2050 мм;

5) контура мачты для подвески воздушного провода на междупутье: на улицах, на парковых путях — не менее 1800 мм.

Расстояние от оси ближайшего пути до углов жилых и административных зданий на поворотах должно быть не менее 2800 мм, если здание расположено с внутренней стороны кривой, и не менее 3200 мм, если оно расположено с наружной стороны кривой.

Во всех остальных случаях расстояние от оси кривой до сооружения принимается равным расстоянию на прямой с прибавлением разницы свеса или выноса вагона на кривой и на прямой.

35. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Трассировку и эксплоатацию трамваев очень затрудняют городские подземные сооружения.

В полосу трамвайных линий не должны попадать сооружения, подверженные авариям и частому ремонту, а также сооружения, расположенные неглубоко.

За пределы трамвайных путей сравнительно нетрудно вынести кабельные сооружения и газопроводы, глубина залегания которых 0,7—1,0 м. Труднее перестройка канализационной и водопроводной сетей.

Кабели нужно относить от трамвайных путей на такое расстояние, чтобы по возможности изолировать их от влияния блуждающих токов.

Глубоко заложенная канализация может остаться под рельсовыми путями, так как аварии канализационной сети редки.

Водопроводная сеть, находящаяся под большим напором, должна быть вынесена за пределы трамвайных линий.

Люки, смотровые колодцы и прочие наземные части подземных сооружений могут находиться между путями и вне путей.

Электрические кабели, пересекающие трамвайные пути, должны быть заложены на глубине не менее 1 м от головки рельса, заключены в трубы или защищены кирпичом.

Подземную сеть трубопроводов необходимо укладывать с внешней стороны путей на таком расстоянии, чтобы от оси пути до ближайшего края вырытой для труб траншеи было не менее 1,75 м.

Глубина заложения верха трубопровода при пересечении с трамвайными путями должна быть не менее 1 м от головки рельса.

Пересечения подземных сооружений с трамвайными путями следует делать по возможности под прямым углом.

36. РЕЛЬСЫ

Рельсы изготавливают из бессемеровской, томасовской и мартеновской стали.

В изломе сталь должна иметь плотное, однородное и мелкозернистое строение без шлака, раковин, плен, расслоений и пузырей.

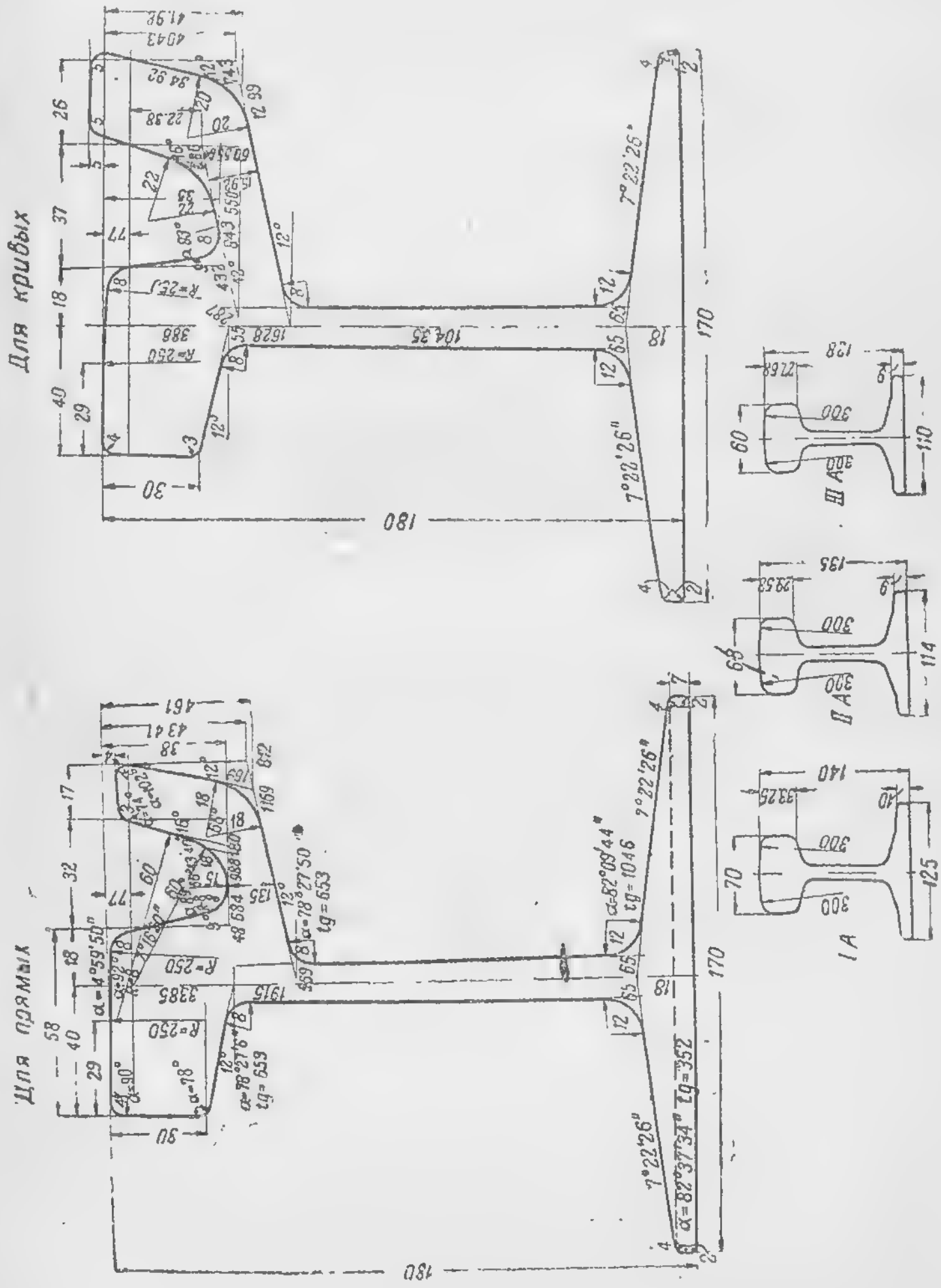
Таблица 18

Характеристика рельсов

	Высота, мм	Ширина подошвы, мм	Ширина головки, мм	Толщина щейки, мм	Высота головки, мм	Ширина жолоба, мм	Глубина жолоба мм	Толщина губки, мм	Площадь поперечного сечения, $см^2$	Момент инерции, $см^4$	Момент сопротивления относительно подошвы, $см^3$	Вес 1 пог. м, кг
Феникс объединенного типа для прямых, высота 180 мм .	180	170	58	11,5 13,5	30	32	38	17	70,47	3227,9	344,99	55,17
Феникс объединенного типа для кривых, высота 180 мм .	180	170	58	11,5	30	37	35	24	77,45	3542,7	355,08	60,65
Феникс для прямых, высота 140 мм	140	150	65	12	30	35	38	16	67,1	1640,16	221,25	51,56
Феникс для кривых, высота 140 мм	140	150	65	12	30	35	38	26	72,16	1808,64	228,93	56,28
Виньоль I А	140	125	70	14	44	—	—	—	55,64	1476,11	212,00	43,36
Виньоль II А	135	114	68	13	40	—	—	—	49,06	1222,54	180,29	38,41
Виньоль III А	128	110	60	12	37	—	—	—	42,75	967,98	155,40	33,48

Отступления от геометрических размеров не должны превосходить допусков, указанных в табл. 19.

Рельсовая сталь, применяемая в настоящее время, имеет следующий химический состав: железа около 98%, углерода 0,4—0,7%, марганца 0,6—1,0%, кремния



Фиг. 23. Рельсы типа Феникс и Виньоль.

0,2—0,3%, фосфора до 0,1%, серы до 0,06% и прочих примесей до 0,05%.

Величина временного сопротивления на растяжение для рельсов I сорта должна быть не ниже 75 кг/мм²,

а для рельсов II сорта — не ниже 65 кг/мм², при удлинении 8—10%.

Наружная поверхность рельсов на головке, подошве и шейке должна быть гладкой и чистой, без плен, рванин и трещин. Волосовины и черновины в рельсах допускаются, если при пробе зубилом вырубкой на длине не более 20 мм глубина их не превышает 1 мм. На шейке вне пределов накладки допускаются выступы высотой не более 5 мм. Торцовое сечение рельса не должно иметь следов расслоений, трещин и других последствий усадки.

Концы рельсов должны быть отрезаны под прямым углом к продольной оси.

Рельсы должны быть прямыми в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В горизонтальной плоскости допускается кривизна со стрелой прогиба не более $^1/_{2200}$ от длины рельса. Изгиб в вертикальной плоскости, скручивание, волнистость и концевые искривления не допускаются.

Нормальная длина рельсов типа Феникс должна быть не менее 15 м, а рельсов типа Виньоль — 12,5 м.

Для устройства трамвайных путей применяются нормальные железнодорожные рельсы типа Виньоль (не ниже IIIА).

Таблица 19

Допуски для рельсов

Элементы рельса	Рельсы Феникс		Рельсы Виньоль	
	в сторону уменьшения, мм	в сторону увеличения, мм	в сторону уменьшения, мм	в сторону увеличения, мм
Толщина шейки	0,5	1,0	0,5	0,75
Ширина головки	1,0	1,0	0,5	0,5
Высота рельса	1,0	1,0	0,5	0,5
Ширина подошвы	5,0	2,0	2,0	2,0
Длина рельса	6,0	6,0	6,0	6,0
Ширина губы	1,0	1,0	—	—
Высота головки	—	3,0	—	—
Глубина желоба	2,0	2,0	—	—
Высота губы над уровнем головки	2,0	2,0	—	—
Ширина желоба рельса	—	3,0	—	—
Размеры дыр для болтов и расстояния между дырами	1,0	1,0	1,0	1,0
Прочие измерения	0,5	0,5	0,5	0,5

и специальные желобчатые рельсы типа Феникс (фиг. 23 и табл. 18).

Технические требования к качеству рельсов и порядок их испытаний на излом, растяжение и изгиб—см. в сборнике Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова «Технические требования к материалам и конструкциям трамвайных путей» (Изд. Минкомхоза РСФСР, 1946 г.).

Износ рельсов, лежащих в пути, допускается до предела, обеспечивающего безопасность движения, а именно:

Для рельсов типа Феникс:

Износ рельсов по высоте	до 18 мм
Боковой износ головки	» 20 »
Боковой износ губы	» 15 »
Одновременный износ:	
по высоте	» 15 »
боковой	» 13 »

Для рельсов типа Виньоль II и III:

Износ головки по высоте	до 10 мм
Износ головки по горизонтали	» 18 »
Износ головки контррельса:	
по высоте	» 25 »
по горизонтали	» 25 »

Вертикальный износ головки измеряется по оси рельса, боковой — на уровне рабочего канта (8 мм ниже верхней поверхности головки рельса), губы — на уровне головки.

Волнообразный износ рельсов, лежащих в пути, не допускается. При появлении такого износа должны немедленно приниматься меры к отшлифовке рельса.

При строительстве и капитальном ремонте путей с интенсивностью движения до 25 поездов в час, в случае отсутствия новых рельсов, могут быть применены рельсы с вертикальным износом головки не более 5 мм и боковым — 6 мм.

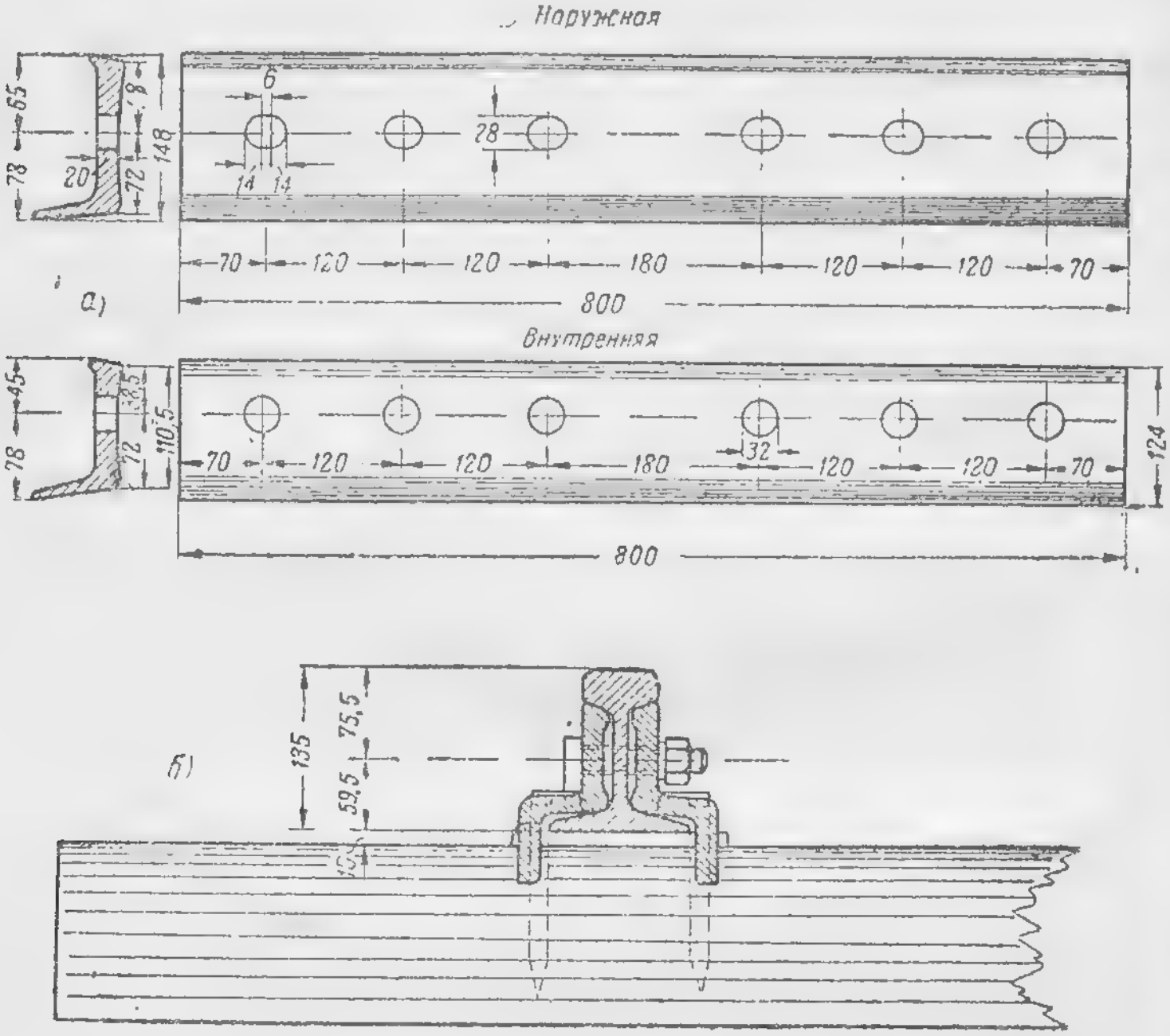
Для парковых путей, складских, запасных и грузовых веток износ рельсов при укладке не должен превышать 50% от допускаемого в эксплоатации.

37. СКРЕПЛЕНИЯ

К рельсовым скреплениям относятся: накладки, болты, шайбы, ухваты, поперечные тяги, подкладки, шурупы костыли.

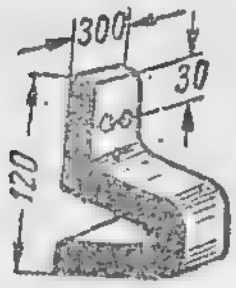
Для сборки механического стыка применяются накладки, ухваты и анкеры, скрепляемые болтами.

Для трамвайных рельсов применяются накладки двух типов: фасонные и плоские. Стык на фасонных накладках



Фиг. 24. Накладки: *а* — фасонная, *б* — фартучная.

(фиг. 24, а) прочнее, чем на плоских. Для усиления стыка иногда применяются ухваты (фиг. 25), охватывающие подошву рельса и полку накладки.



Фиг. 25. Ухват.

Вес двух фасонных накладок для рельсов Феникс объединенного типа — 42,73 кг. Вес двух ухватов — 25,17 кг. Для железнодорожных рельсов применяются так называемые фартучные накладки, имеющие специальные вырезы для стыковых шпал (фиг. 24, б).

Вес двух накладок для рельсов типа Виньоль I А и II А — 33,84 кг, а для рельсов типа Виньоль III А — 28,21 кг.

При соединении рельсов разных типов или профилей стык собирается на переходных накладках, изготовляемых из проката литой стали марки Ст—4 с содержанием фосфора не более 0,1%.

Наружная поверхность накладки должна быть чистой, без шлаковин, трещин и пузырей. Поверхности граней накладок, примыкающих к рельсам, должны быть правильными по всей длине, с точным соблюдением угла наклона по чертежу. Накладки обрезаются перпендикулярно к продольной оси.

При приемке накладок отступления от геометрических размеров, указанных в чертежах, не должны превышать:

в диаметрах дыр	±0,5 мм
в ширине полки	±2 »
в высоте накладки с внутренней и наружной сторон	±1 »
в расстоянии между центрами дыр	±2 »
в расстоянии осей дыр от нижней грани полки	±1 »
в толщине накладки	±1 »
в длине накладки	±5 »
в прочих измерениях	±0,5 »

Для скрепления накладок рельсов Феникс применяются болты длиной 113—127 мм, диам. 25 мм, с шестигранной, прямоугольной или круглой головками. При использовании ухватов применяются болты длиной 160 мм.

Для скрепления накладок рельсов Виньоль применяются болты длиной 102 мм, диам. 22 мм.

Для соединения рабочего рельса с контррельсом применяются болты длиной 160 мм, диам. 25 мм.

Для предупреждения разболчивания болтов под гайки подкладываются пружинные стальные шайбы Гровера.

Болты и гайки изготовляются из мягкого, легко поддающегося обработке железа с однородным мелкозернистым изломом.

Отступления от геометрических размеров, указанных в чертежах, не должны превышать: в длине болтов ±5—2 мм, в прочих размерах ±0,5 мм.

Для правильной работы рельсового пути необходимо сохранение надлежащей ширины и расположения колеи в плане. Для этого применяются поперечные тяги, костыли, шурупы и подкладки.

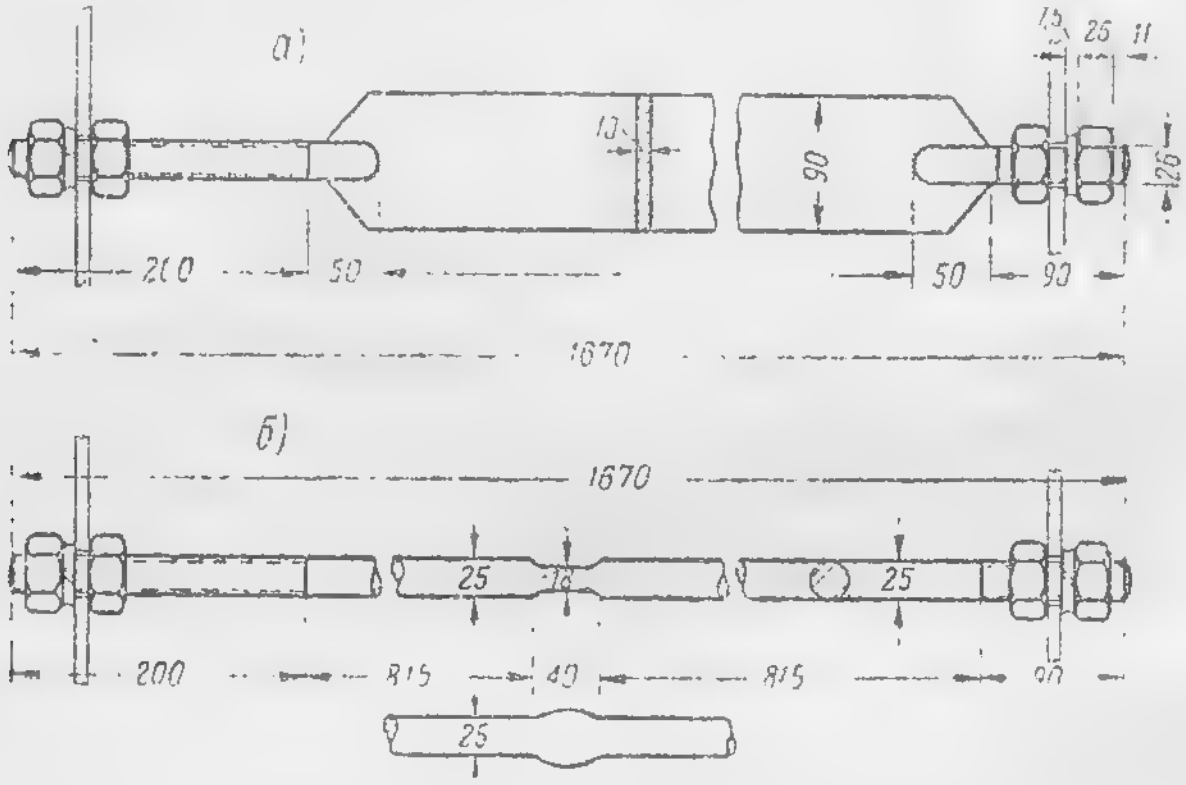
Поперечные тяги изготовляются из мелкозернистого же-

леза и бывают круглыми или плоскими с приваренными круглыми концами с нарезкой (фиг. 26).

Диаметр круглых путевых тяг равен 25 мм, толщина плоских тяг — 10—12 мм. Каждая тяга снабжается четырьмя гайками и пружинными шайбами Гровера.

Отступления от геометрических размеров, указанных на фиг. 26, не должны превышать: в длине тяги ± 5 мм, в длине нарезки ± 3 мм, в прочих размерах ± 0,5 мм.

При укладке рельсов Феникс (без подкладок) тяги устанавливаются на прямых и кривых, при укладке рельсов



Фиг. 26. Путевые тяги: *а* — плоская; *б* — круглая.

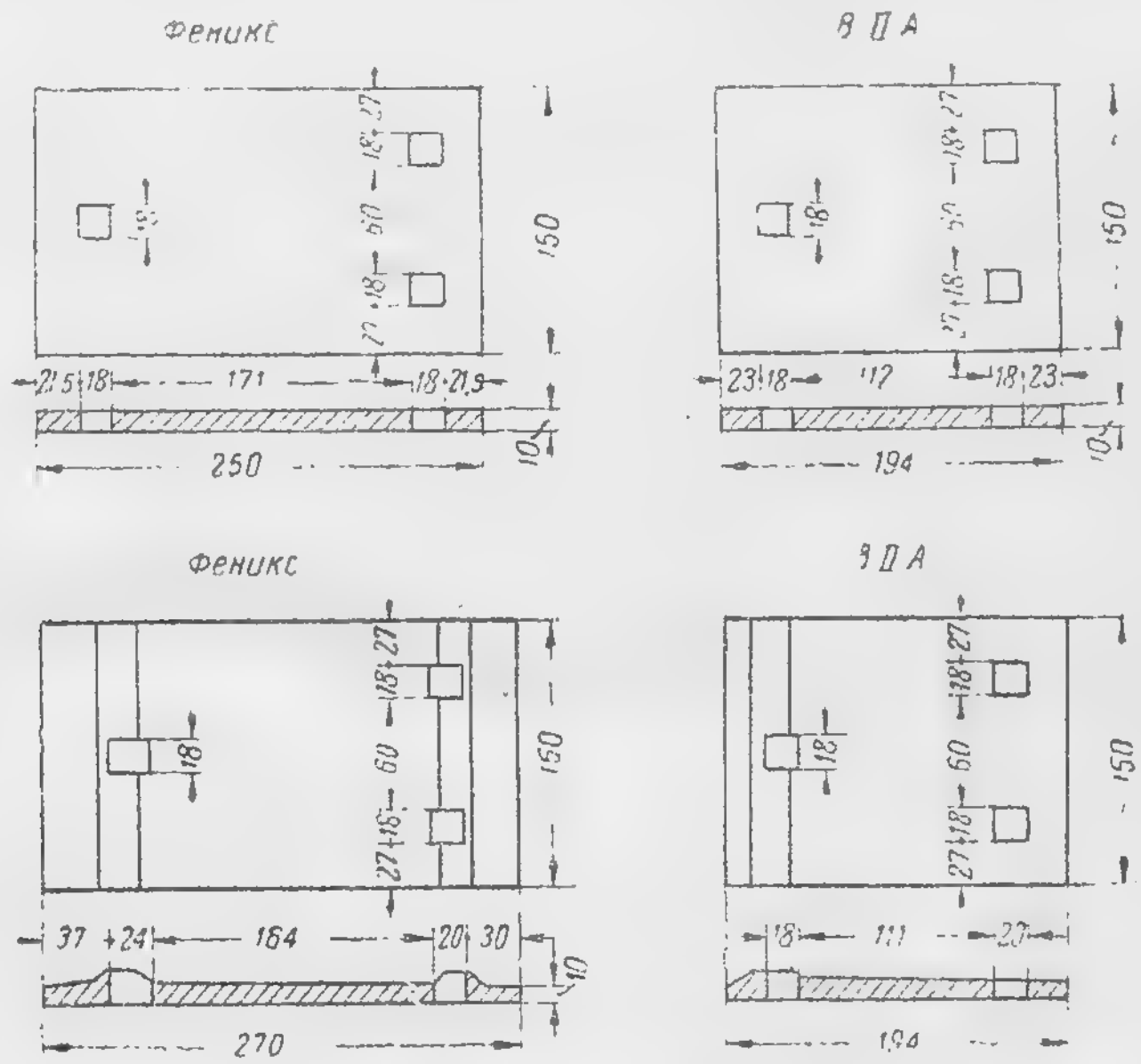
Виньоль (на подкладках) — только на кривых радиусом меньше 200 м.

Тяги на прямых и кривых радиусом 100 м и более устанавливаются через 2,5 м, на кривых радиусом от 50 до 100 м — через 2 м, от 40 до 50 м — через 1,5 м, меньше 40 м — через 1,25 м. Тяги должны быть установлены нормально к оси пути по всей длине прямых и кривых (по радиусу). Установка плоских тяг обязательна на путях, замощенных штучным камнем; в остальных случаях применяются круглые тяги.

Подкладки применяются плоские и с подуклонкой (фиг. 27), двухребордные и одноребордные.

Рельсы Виньоль укладываются на плоских или клинчатых подкладках с бортиком с наружной стороны пути и пришиваются к шпале тремя костылями — двумя с внутренней стороны колеи, одним — с наружной.

Рельсы Феникс укладываются на подкладках или без подкладок и также пришиваются к шпале тремя костылями. Длина костыля и толщина шпалы должны быть подобраны так, чтобы костыль не доходил до подошвы шпалы на 2 см.



Фиг. 27. Подкладки.

Рельсы Феникс высотой 140 мм укладываются обязательно на подкладках, рельсы Феникс высотой 180 мм — на пристыковых шпалах.

Поверхности прилегания подкладок к рельсам и шпалам должны быть плоскими.

Отступления от геометрических размеров подкладок, указанных на фиг. 25, не должны превышать:

в толщине подкладок	+2—1	мм
в размерах дыр	±0,5	»
в расстоянии наружной грани отверстия от внутренней грани реборды	+1	»
в длине подкладки	+1	»
в ширине подкладки	±2	»
в расстоянии между бортиками	+2—0,5	»
по высоте бортиков	+2	»

Костыли применяются размером 16 × 16 × 165 мм. От-

ступления от этих размеров не должны превышать: в длине костыля ± 3 мм, в ширине и толщине ± 0,5 мм [1].

38. КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Песок

Для путевых работ применяется речной и горный песок (крупный и среднезернистый). Зерна крупного песка имеют диаметр от 1 до 2 мм, зерна среднего песка — от 0,5 до 1 мм. Крупным считается песок, содержащий свыше 50% частиц размером более 1 мм, средним — содержащий свыше 50% частиц размером от 0,5 до 1 мм.

Щебень

Щебень для балластирования трамвайных путей изготовляется из твердых, невыветривающихся пород: базальта, порфира, песчаника, гранита и тому подобных, без примеси песка, глины и мусора.

Камень

Для замощения трамвайных путей применяется камень из твердых невыветривающихся пород.

Брусчатка изготовляется и принимается по ОСТ 3529, клейнпфлястер (для мозаиковой мостовой) — по ОСТ 3575, клинкер — по ОСТ 4245.

Булыжный камень (шашка) бывает крупным, средним и мелким. Для замощения трамвайных путей применяется средний и мелкий булыжный камень.

Пакеляж для щебеночно-пакеляжных оснований должен быть из тех же пород, что и щебень.

Форма пакеляжа должна приближаться к пирамидальной; высота — 12—15 см; поверхность основания (постели) должна быть правильной и иметь в поперечном измерении не менее 10 см.

Асфальт

Асфальт должен содержать не менее 13% битума и не более 0,1% органических веществ.

---

[1] Детальная характеристика качества путевых скреплений и материалов для устройства верхнего строения пути приведена в сборнике ские требования к материалам и конструкциям трамвайных путей».

Примечание редактора.

427—0

Асфальтовая мастика имеет форму плит толщиной 6—12 см и весом 25—32 кг.

Временное сопротивление мастики на растяжение должно быть не меньше 30 кг/см².

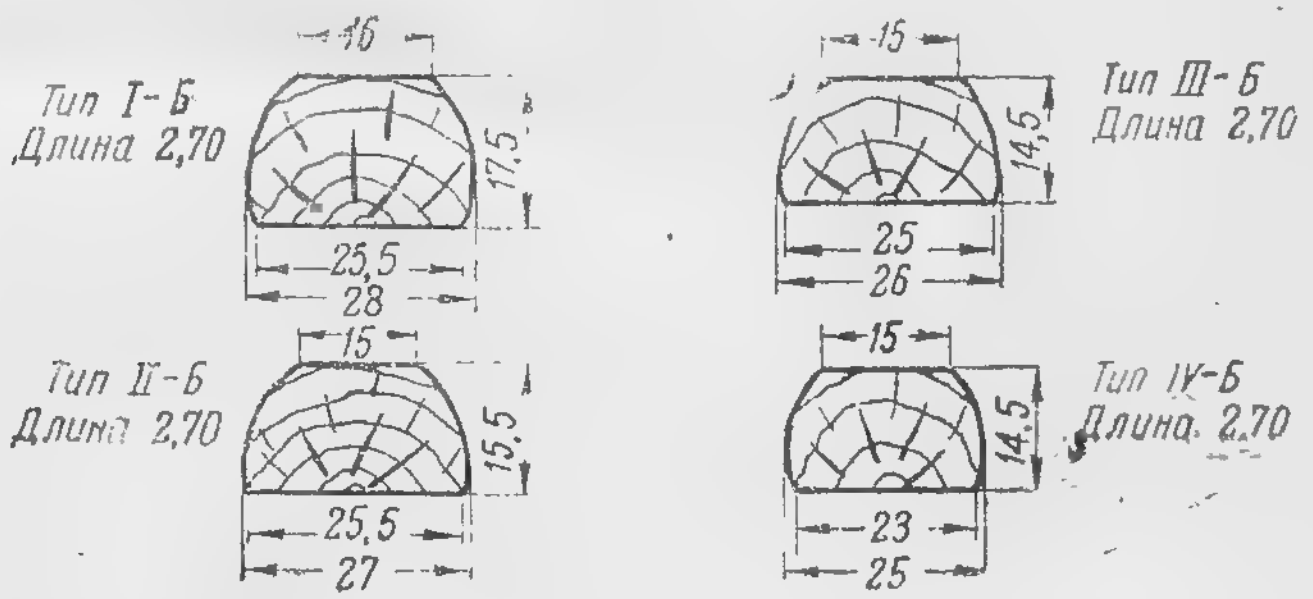
Испытания асфальтовой мастики проводятся в соответствии с ОСТ 6365.

39. ШПАЛЫ

Шпалы для трамвайных путей изготовляются из дерева, железа, бетона и железобетона. Наибольшее распространение имеют деревянные шпалы.

Для изготовления шпал употребляются разнообразные породы дерева: дуб, бук, сосна, кедр, пихта, лиственница, клен, ель и др.

Лучшими по твердости и наибольшей сопротивляемости действующим на шпалу силам, а также по долговечности являются шпалы из дуба, клена и бука.



Фиг. 28. Стандартные шпалы.

Наибольшее распространение получили сосновые шпалы. Деревянные шпалы пропитываются различными антисептиками, предохраняющими их от гниения и увеличивающими срок службы в два и более раза (в зависимости от способа пропитки и материала шпал).

Сроки службы шпал, пропитанных креозотом:

а) дубовых — 18—25 лет (пропитке поддаются слабо);

б) буковых — 20—30 лет (пропитываются по специальному методу);

в) сосновых — 15—20 лет (пропитываются хорошо).

Сосновые шпалы, пропитанные хлористым цинком, служат 10 лет, без пропитки — 6 лет.

Достоинством сосновых шпал является то, что при высыхании они не растрескиваются, как шпалы из дуба и бука.

В зависимости от способа изготовления и формы, деревянные шпалы подразделяются на обрезные типов IA, IIA, IIIA, IVA и VA, брусковые типов IБ, IIБ, IIIБ, IVБ и VБ и прямоугольные типов IB, IIB и IIIB.

Сечения шпал типов I—IVБ показаны на фиг. 28.

Размеры поперечного сечения шпал приведены в табл. 20.

Таблица 20

Размеры поперечного сечения деревянных шпал в см

Тип шпал	Толщина шпал	Ширина постели		Тип шпал	Толщина шпал	Ширина постели		Тип шпал	Толщина шпал	Ширина постели
		верхней	нижней			верхней	нижней			
IA	17,5	16	25,5	IБ	17,5	16	23–25,5	IB	17,5	21
IIA	15,5	15	25,5	IIБ	15,5	15	25,5–27	IIB	15,5	21
IIIA	14,5	15	25,0	IIIБ	14,5	15	25–26	IIIB	14,0	21
IVA	14,5	15	23,0	IVБ	14,5	15	23–25			
VA	13,5	13	21,5	VБ	13,5	13	21,5–23			

Стандартная длина шпал установлена для типов I—IV 2,7 м и для типа V — 2,5 м.

Допускаются следующие отклонения от стандартных размеров.

в длине	+30 мм
в толщине	+10—5 мм
в ширине верхней постели	увеличение до ширины нижней постели; уменьшение до 10 мм
в ширине нижней постели	увеличение в тонком конце до 30 мм, в комле до 60 мм; уменьшение до 10 мм.

40. ТИПЫ ОСНОВАНИЯ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

По конструкции основания все существующие типы трамвайных путей можно разбить на две группы:

1) пути на шпальных основаниях,

2) пути на бесшпальных основаниях.

Шпальные основания делятся на шпально-песчаные, шпально-щебеночные и шпально-бетонные.

Бесшпальные основания делятся на бесшпально-щебеночные и бесшпально-бетонные.

Шпальные основания имеют следующие преимущества перед бесшпальными:

1) давление от подошвы рельса передается на балласт через шпалу и поэтому распределяется более равномерно и на бо́льшую площадь;

2) обеспечивается взаимное расположение рельсовых ниток в горизонтальной плоскости (ширина колеи);

3) обеспечивается определенное взаимное положение обеих ниток рельсов в вертикальной плоскости;

4) независимо от типа (бетонное, щебеночное, песчаное), шпальное основание имеет достаточную упругость;

5) изменением количества шпал на километр пути можно приспособить шпальное основание к разным нагрузкам и интенсивности движения, не меняя остальных элементов пути.

Недостатком шпальных оснований являются недоступность шпал для постоянного наблюдения и затруднительность содержания путей.

Преимущество бесшпальных оснований заключается главным образом в простоте конструкции, равномерной передаче давления от рельса на основание и в более однородном слое материала под замощение путей.

Бесшпальные основания имеют следующие недостатки:

1) меньшая площадь передачи давления на балласт, чем при шпальном основании;

2) каждая нитка рельсов работает самостоятельно, поэтому появление просадок более вероятно, чем в шпальных основаниях;

3) взаимное расположение ниток рельсов недостаточно обеспечено, за исключением случая, когда рельсы заделаны в бетон;

4) прикрепление рельсов к основанию затруднительно;

5) бетонные бесшпальные основания слишком жестки и являются причиной большого шума и волнообразного износа рельсов.

Котлован для основания путей на общем или обособленном полотне устраивается либо под каждый путь, с оставлением на междупутье естественного грунта (см. фиг. 20,а), либо под оба пути (см. фиг. 20, б).

Первый способ применяется только при водопроницаемых грунтах, при чем, если оставляемая гряда имеет ширину не менее 1 000 мм, дренаж не устраивается. Второй способ несколько дороже первого, но технически более совершенен.

Ширина котлована зависит от длины шпал и принятой ширины междупутья.

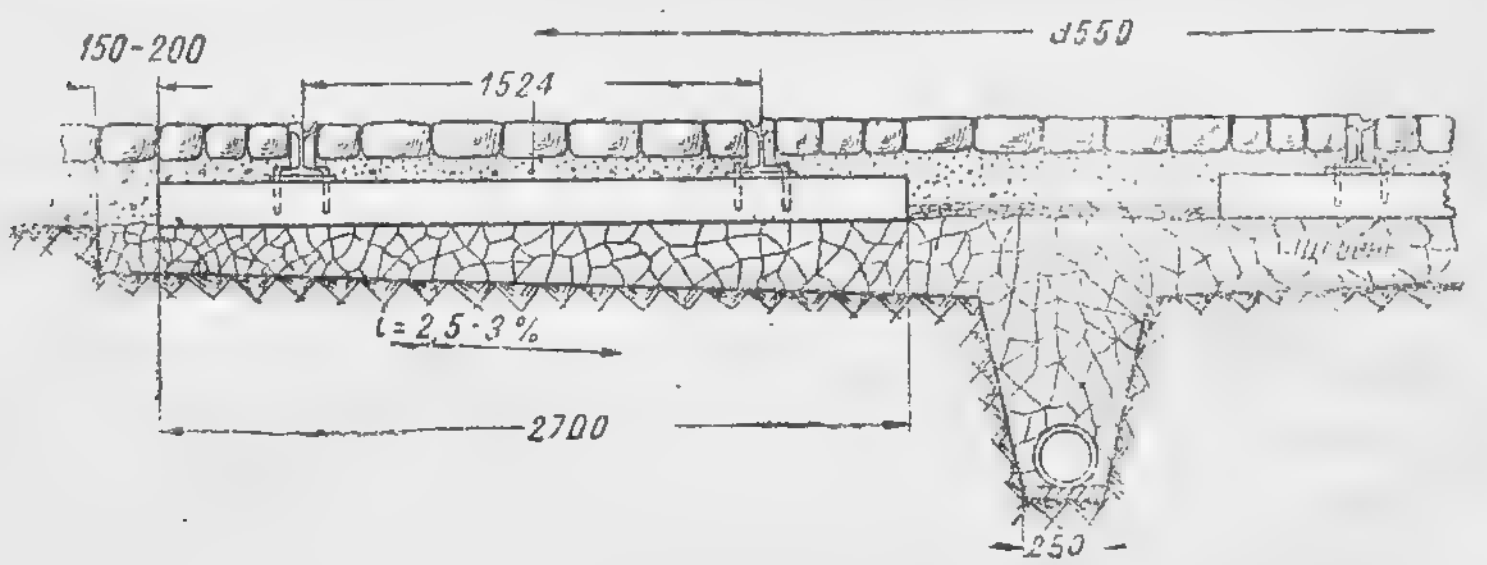
От конца шпалы до края котлована должно быть 15—20 см. Глубина котлована зависит от типа рельса, шпалы, и толщины балластного слоя бетонной плиты.

Дну котлована придается поперечный уклон, независимо от наличия или отсутствия дренажа (в первом случае в сторону дренажа); величина уклона $2^1/_2$—3%.

В слабых грунтах дно котлована уплотняется трамбованием или укаткой с добавлением песка, гравия, шлаков и пр. (если это требуется по характеру грунта). При устройстве пути на шпально-щебеночном основании слабые грунты укрепляются пакеляжем. Для укрепления грунта и экономии балласта на грунт укладывается слой балласта худшего качества, называемый подбалластом.

41. ШПАЛЬНО-ПЕСЧАНОЕ ОСНОВАНИЕ

Из шпальных оснований наибольшее распространение в СССР в настоящее время имеет шпально-песчаное. Это объясняется повсеместным распространением песка, сравни-



Фиг. 29. Шпально-щебеночное основание.

тельной дешевизной и простотой этого типа оснований. При шпально-песчаном основании шпалы укладываются на слой чистого, крупно-зернистого песка, толщина которого определяется расчетом и зависит от допускаемого давления на грунт, типа и количества шпал на километр пути, типа рельсов, нагрузки на ось и пр. В существующих конструкциях толщина балластного слоя принимается 25—30 см.

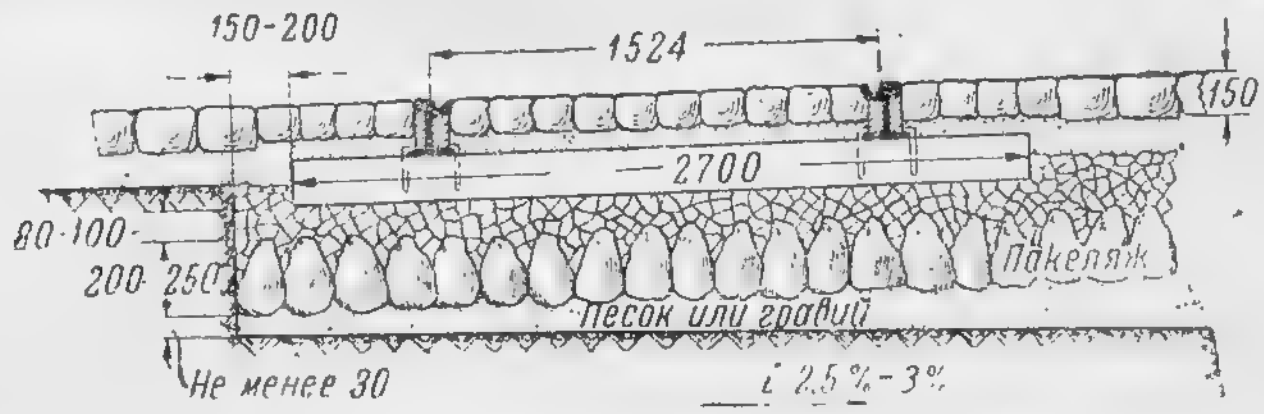
Количество шпал на километр составляет от 1 440 до 1 800.

Для выравнивания упругости основания под замощение пространство между шпалами (шпальные ящики при рельсах низких типов) заполняется щебнем или укрепляется пакеляжем (фиг. 29).

Недостатком шпально-щебеночных оснований является непостоянство упругих свойств песка при пропитывании его водой, в особенности, если песок мелкий и засорен илом и органическими веществами; кроме того, песок применяемый в качестве балласта для трамвайных путей, быстро засоряется и теряет свойства водопроницаемости.

42. ШПАЛЬНО-ЩЕБЕНОЧНЫЕ И ПАКЕЛЯЖНЫЕ ОСНОВАНИЯ

По конструкции этот тип оснований подобен шпально-песчаным, но шпалы укладываются не на песок, а на слой щебня из твердых пород. Величина щебенок принимается от 25 до 75 мм. К этому типу оснований относятся гравийные или из шлакового щебня. Зерна гравия и шлакового щебня



Фиг. 30. Шпально-пакеляжное основание.

имеют такие же размеры, как и каменного щебня. Количество мелких частиц (диаметром до 1 мм) в гравии не должно превышать 20—25%. Для увеличения внутреннего трения в гравийный балласт иногда прибавляют каменный щебень.

Балласт из щебня одинаково упруг в сухом и влажном состоянии, хорошо сопротивляется динамической нагрузке, легко пропускает воду, попадающую с поверхности, и меньше, чем песок, подвержен засорению.

В существующих конструкциях шпально-щебеночных оснований толщина балластного слоя принимается 15—25 см.

При слабых грунтах под шпально-щебеночные основания устраивают постель из пакеляжа (фиг. 30).

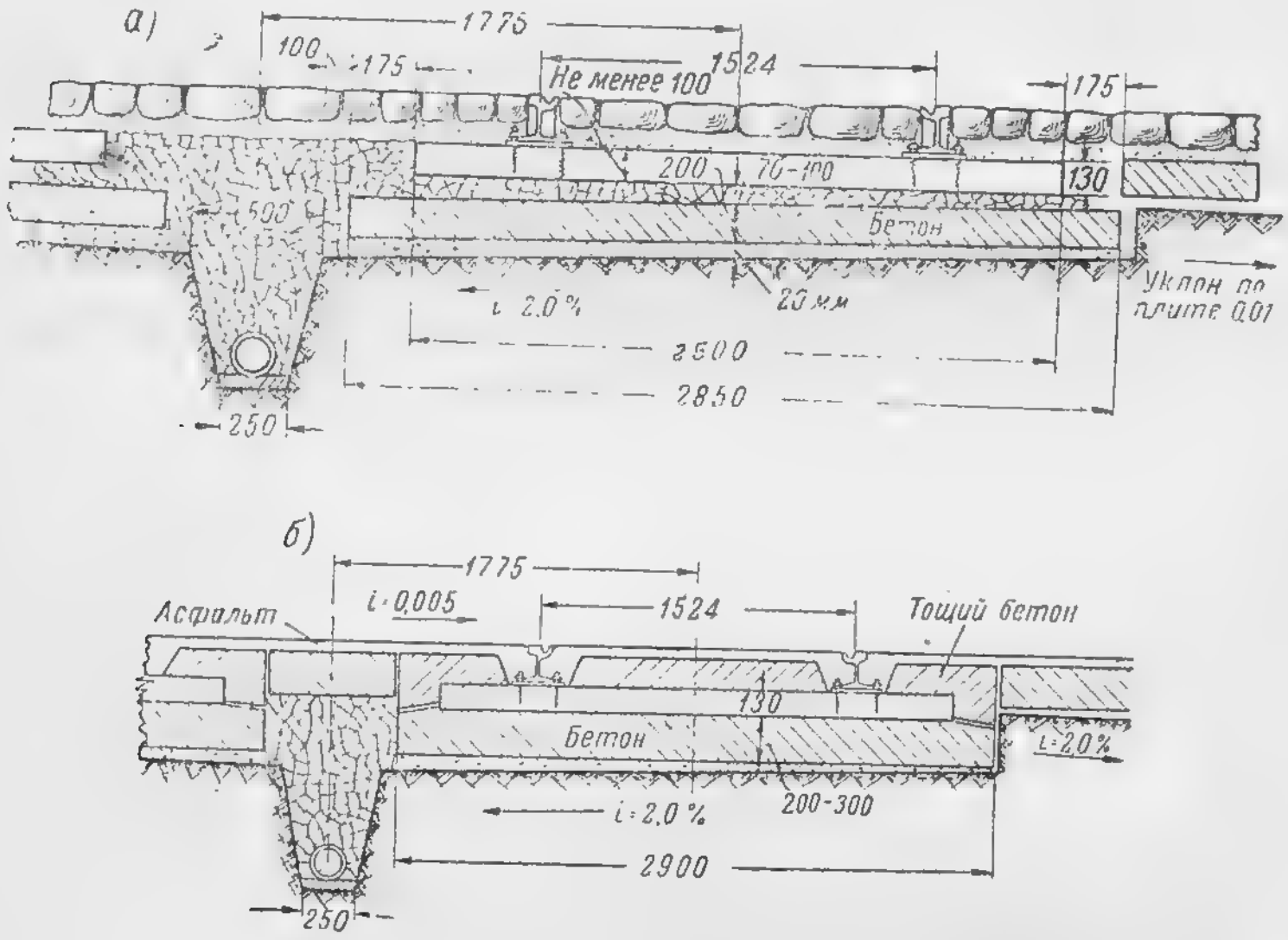
Пакеляж расклинивается засыпкой крупного щебня с укаткой. Поверх пакеляжа укладывается слой крупного, а затем мелкого щебня (для подбивки шпал).

Толщина слоя песка или гравия под пакеляжем должна быть от 3 до 5 см, в зависимости от качества грунта; высота камней, как правило, — 200 мм, но не менее 180 мм; толщина щебеночного слоя — не менее 100 мм.

Количество шпал на километр пути при щебеночных основаниях составляет 1700. Длина шпал обычно составляет 2700 мм; в отдельных случаях при хороших грунтах могут быть допущены шпалы длиной 2500 мм.

43. ШПАЛЬНО-БЕТОННЫЕ ОСНОВАНИЯ

Бетонные основания под трамвайные пути применяются при слабых грунтах (в случаях очень интенсивного и тяжелого движения), или на главных улицах города с усовер-



Фиг. 31. Шпально-бетонное основание.

шенствованным типом замощения. В последнем случае под замощение (асфальтовое покрытие) улицы по всей ее ширине устраивается бетонное основание.

Толщина бетонной плиты принимается 20—30 см, ширина — на 300—400 мм больше длины шпалы (фиг. 31,а, б).

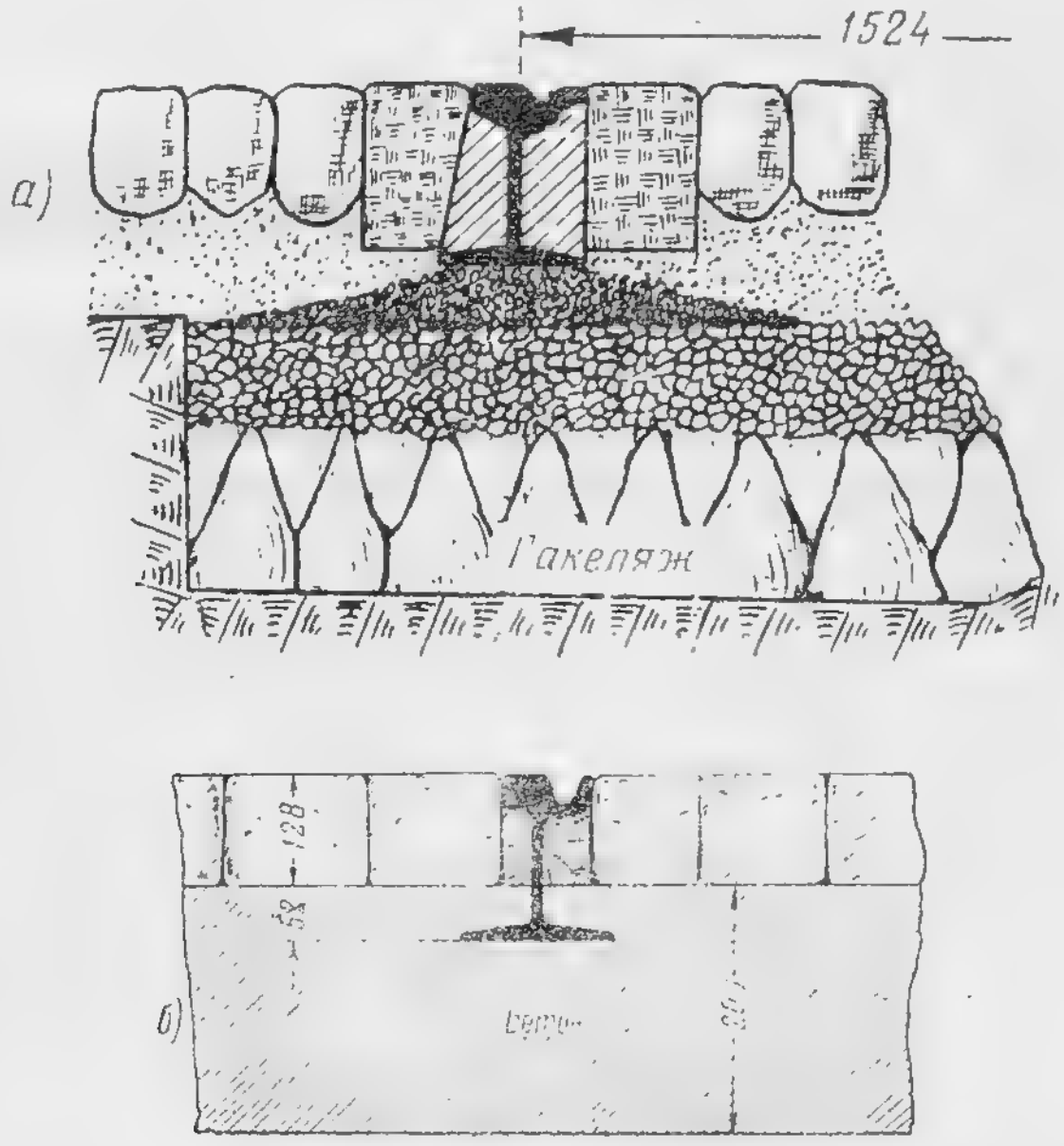
Состав бетона изменяется в очень широких пределах: на 1 часть цемента и 2 части песка берется 3, 4 и 5 частей гра-

вия. Наряду с тощими бетонами вплоть до 10 частей песка и гравия на 1 часть цемента применяются жирные растворы без гравия с 2—6 частями песка на 1 часть цемента.

Количество шпал на километр пути при бетонных основаниях принимается 1600. Длина шпал — 2500 мм.

44. БЕСШПАЛЬНЫЕ ОСНОВАНИЯ

К бесшпальным основаниям относятся бесшпально-бетонные и бесшпально-щебеночные (фиг. 32, а, б). При бесшпально-бетонных основаниях рельсы укладываются непосредственно на бетон или заделываются в него на некоторую толщину по высоте (фиг. 32, б).



Фиг. 32. Конструкции бесшпальных оснований.

Толщина бетонного основания под подошвой рельса принимается обычно от 17 до 20 см.

Заделка в бетон не гарантирует прочности соединения рельса с основанием; рельс отрывается от бетона и, вибрируя, раздробляет бетон под подошвой.

Такое же явление наблюдается при укладке рельса на бетон.

Для уничтожения этого явления под подошву рельса подкладывают упругие прокладки из щебня, асфальта, дерева и пр. Наилучшей подкладкой считается деревянная.

Незаделанные в бетон рельсы прикрепляются к основанию при помощи анкеров, которыми служат куски рельса или балки, заделанные в бетон под каждой ниткой рельса или под обе нитки (в виде поперечин); длина анкеров в первом случае 50—60 см, во втором — около 200 см. Анкеры устанавливаются в стыках рельсов на расстоянии 0,7—0,8 м друг от друга, а в промежутках — на расстоянии 4,5—5 м.

При бесшпально-щебеночных основаниях рельсы укладываются непосредственно на слой укатанного щебня. Слабые грунты укрепляются пакеляжем. Толщина пакеляжа принимается 200 мм, а щебеночного основания после укатки — от 250 до 500 мм.

К числу бесшпальных оснований относятся конструкции, при которых рельсовые нитки укрепляются на продольных брусьях (лежнях) или полушпалах.

В ряде западно-европейских стран бесшпальные основания имеют широкое распространение и при условии тщательного производства работ по укладке путей, хорошем водоотводе и тщательно выполненном водонепроницаемом замощении надежно и устойчиво работают. Устройство замощения обязательно, так как оно является конструктивным элементом бесшпального основания, повышающим его устойчивость. Поэтому на линиях с обособленным, не замощенным полотном бесшпальные основания не применяются.

45. ВЫБОР ТИПА ОСНОВАНИЯ

Бесшпальные основания применяются в случаях, когда конструктивная высота строения недостаточна для устройства нормальных шпальных оснований (на мостах), а также в местностях, где изготовление шпал затруднительно или экономически невыгодно.

Шпально-песчаные основания устраиваются:

1) на грунтах хорошего и среднего качества, для путей с небольшой интенсивностью движения (до 25 поездов в час), замощенных штучным материалом;

2) на проездах второстепенного значения;

3) на участках со свеженасыпанным земляным полотном высотой более 0,75 м;

4) для путей на самостоятельном и обособленном полотне с интенсивным движением;

5) на временных и подсобных линиях.

Шпально-щебеночные основания устраиваются:

1) на линиях с интенсивным движением (25 и более поездов в час) при грунтах хорошего и среднего качества, с несущей способностью не менее 1,5 кг/см², а также на грунтах, укрепленных пакеляжем;

2) во всех случаях, когда есть дешевый щебень (наличие местного камня твердых пород), даже при интенсивном движении и слабых нагрузках.

Шпально-бетонные основания устраиваются:

1) на слабых грунтах с высоким уровнем грунтовых вод, понижение которых для укрепления грунта по местным условиям невозможно или экономически невыгодно [1];

2) на благоустроенных улицах с асфальтовым покрытием, независимо от интенсивности движения и свойств грунта;

3) при наличии бетонного основания дорожного покрытия во всю ширину улицы.

46. ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

В состав верхнего строения трамвайных путей входят: рельсы, рельсовые скрепления, электрические соединители, специальные части и замощение.

Тип верхнего строения пути определяется расчетными и эксплоатационными условиями (нагрузка, интенсивность движения, скорости и пр.), наличием и типом замощения, типом основания, требованиями благоустройства города.

На всех открытых (незамощенных) городских и пригородных путях укладываются рельсы Виньоль не ниже IIA.

Рельсы менее мощные (IIIA и IVA) разрешается укладывать только на запасных, складских и грузовых путях при слабом движении.

На замощенных путях, как правило, должны укладываться рельсы Феникс высотой 180 мм (при замощении штучным материалом) и 140 мм (при асфальтовом покрытии).

47. РЕЛЬСОВЫЕ СТЫКИ

Соединение отдельных звеньев рельсов по одной нитке пути называется стыком.

По способу выполнения стыки бывают трех типов: 1) сборные (механические), 2) сварные и 3) смешанные.

[1] К слабым относятся грунты с несущей способностью меньше 1,5 кг/см².

Сборный стык состоит из скрепления рельсов двумя плоскими или уголковыми шестидырными накладками на шести болтах с гайками и шайбами.

Температурные стыки при сварных плетях рельсов устраиваются по следующим нормам:

а) в замощенных путях (в зависимости от максимальной амплитуды температурных колебаний в данной местности):

при амплитуде колебаний больше 85° — через 75 м;
при амплитуде колебаний от 65 до 84° — через 150 м;
при амплитуде колебаний меньше 65° — через 240 м [1].

б) в открытых путях (вне зависимости от амплитуды колебаний):

при засыпке путей балластом до подошвы рельса — через 50 м;

при засыпке путей балластом до головки рельса — через 75 м.

Электросоединители устанавливаются в сборных стыках рельсов и спецчастей (стыковые), между рельсовыми нитками одного пути (путевые) и между двумя путями (междупутные), а также в сборных стрелках и крестовинах (обходные). Их назначение — обеспечить электропроводность рельсового пути. Стыковые электросоединители делаются из медного многожильного провода с диаметром составляющих проволок не свыше 4 мм. Путевые, междупутные и обходные электросоединители могут быть из меди или из железа.

Поперечное сечение медных соединителей принимается: стыковых и обходных — 85 мм², путевых и междупутных — 40 мм².

Поперечное сечение железных электросоединителей принимается: путевых и междупутных — 400 мм², обходных — 800 мм².

Путевые соединители устанавливаются через каждые 150 м, междупутные — через 300 м.

Противоугоны устанавливаются на двухпутных линиях на собственном полотне при оставлении рельсов открытыми.

---

[1] Проводившиеся в отдельных трамвайных предприятиях опыты сварки рельсовых плетей длиной до 500 м еще недостаточно проверены, однако уже можно предполагать, что приведенные нормы устройства температурных стыков могут быть увеличены. Так например, в г. Грозном, свыше года исправно работает путь сваренный на длине 3,5 км. (замощенный участок).

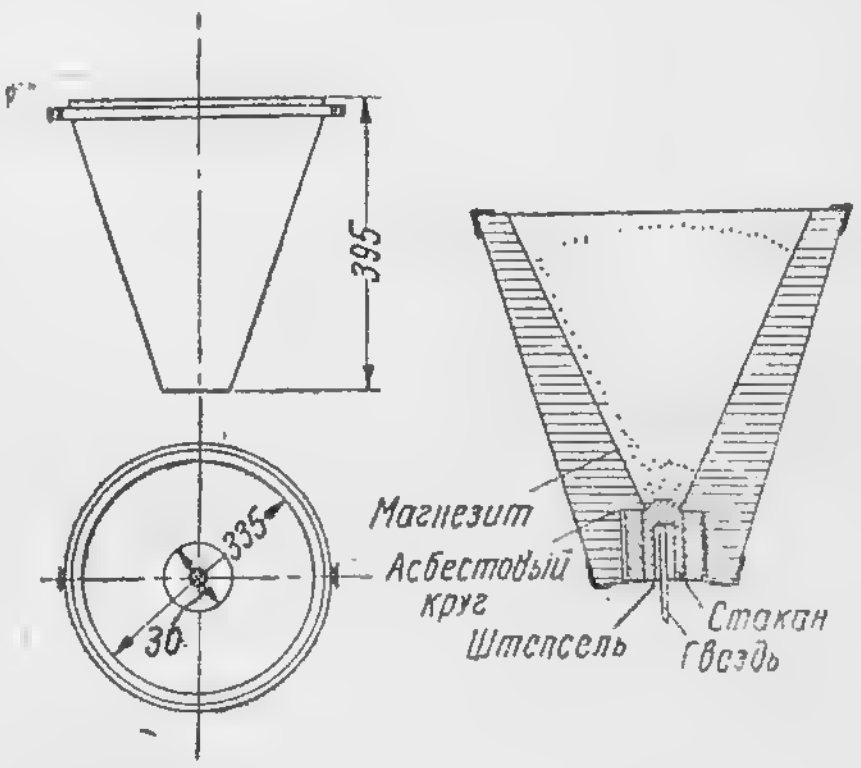
Примечание редактора.

48. СВАРКА РЕЛЬСОВ

На трамвайных путях применяют два вида сварки стыков: термитную и электрическую. Наибольшее распространение получила термитная сварка.[1]

Термитная сварка

Термит представляет собой механическую смесь алюминия в порошке с окисью железа (окалиной), в которую прибавлены: металлические обсечки (от гвоздей, винтов и пр.) — для увеличения веса и объема, ферромарганец — для увеличения твердости и ферросилиций — для уничтожения пустот и усадочных раковин.



Фиг. 33. Тигель для термитной сварки.

Процесс сварки заключается в следующем: термит насыпается в специальный тигель (фиг. 33) и воспламеняется при помощи особой зажигательной смеси. Происходит взаимодействие двух основных составных элементов термитной смеси — алюминия и окиси железа. Алюминий соединяется с кислородом окиси железа, образуя окись алюминия (шлак) и освобождая из окиси железа чистое железо; при этом выделяется большое количество тепла. При реакции шлак и железо нагреваются до температуры 3400° и становятся жидкими. Полученная расплавленная масса выпускается через отверстие на дне тигля в особую форму, установленную на рельсах в месте стыка; при этом железо, как более тяжелое, опускается на дно формы и заполняет, примерно, на $^2/_3$ высоты шейку и подошву рельса, а шлак заполняет остальную часть формы и нагревает головку рельса до температуры сварки.

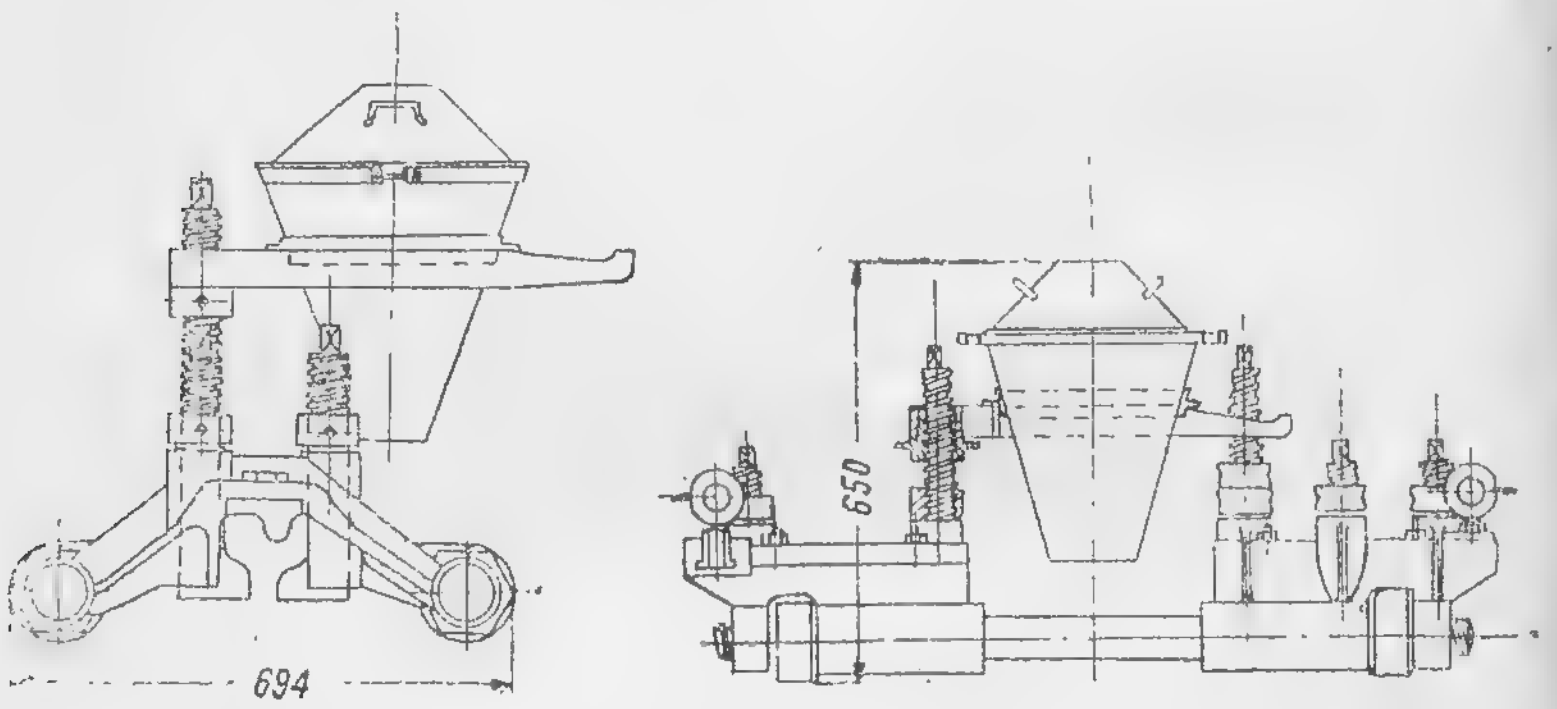
Для улучшения процесса сварки между головками рельсов вставляют металлическую пластинку, а перед сваркой

---

[1] Рабочие чертежи всех приспособлений и полный технологический процесс имеется в Главтрамвае Минкомхоза РСФСР.
Примечание редактора.

нагревают стык бензоловым пламенем. Предварительное нагревание стыка улучшает и ускоряет процесс сварки, а пластинка, вставленная между головками свариваемых рельсов, расплавляясь, заполняет все пустоты и пузырьки в плоскости соприкосновения головок рельсов и делает стык более прочным.

Перед началом сварки рельсы прикрепляют к шпалам так, чтобы спариваемые концы были впритык друг к другу, и при помощи подкладок и деревянных клиньев приводят их в горизонтальное положение. Шпалы должны отстоять от плоскости соприкосновения рельсов (стыка) на 500—600 мм.



Фиг. 34. Оборудование для термитной сварки.

На рельсы перед сваркой накладывают винтовой стяжной пресс (фиг. 34) так, чтобы стык пришелся по его середине. После этого головки рельсов зажимают доотказа, отбивают молотком присохшую грязь у концов рельсов (на длине 150 мм от свариваемых концов) и очищают это место железной щеткой. Затем в пространство между концами свариваемых рельсов вводят торцовый фрез, и фрезеруют концы рельсов до полного соприкосновения их по всей плоскости.

После того как расплавленный металл перекроет головку рельса, нужно быстро отнять тигель, передвинув его в сторону, и насыпать на стык небольшой слой сухого песка для замедления остывания. Через 1—2 мин. после выпуска металла нужно, для большего уплотнения сваренного стыка, подтянуть гаечным ключом пресс на $^3/_4$ оборота, осторожно снять снизу ящик с глиной и освободить бока рельсов от

глины. Через 15—20 мин. после выпуска металла, когда шлак сделается серым, осторожно снимаются опоки. Отбивка шлака и приставшей земли производится после окончательного остывания стыка, через 2—2,5 часа.

На готовом стыке до пуска движения срубается зубилом выступающая часть пластинки и производится запиловка стругом.

Существуют четыре способа термитной сварки стыков: 1) кузнечный, 2) промежуточного литья, 3) комбинированный и 4) дуплекс.

1. При кузнечном способе жидкий металл и шлак служат для доведения стыков рельсов до сварочного состояния. Сварка производится последующим прессованием. Металл термитной смеси не сваривается с рельсом и после сварки стыка отбивается вместе со шлаком.

2. При способе промежуточного литья между концами рельсов в стыке оставляется зазор в 12—14 мм. Расплавленный термитный металл не только нагревает до сварочного состояния концы рельсов, но заполняет зазор, остается при застывании между концами сваренных рельсов и составляет с ними одно целое. При этом способе термитный металл спускается из тигля в опоку через нижнее отверстие; таким образом в опоку попадает только расплавленный металл, а шлак, вытекающий после металла, стекает в сторону. При этом способе сварки междустыковые пластинки отсутствуют.

3. Комбинированный способ есть сочетание двух способов: кузнечного и промежуточного литья. Головка рельса со вставленной пластинкой сваривается кузнечным способом за счет теплоты шлака, т. е. прессованием. Щель же между шейками и подошвами на толщину пластинки заливается, как и при способе промежуточного литья, расплавленным термитным металлом. Тигель при комбинированном способе сварки имеет отверстие в дне для спускания металла и жидкого шлака. Сначала вытекает металл, заливающий зазор между подошвами и шейками, а затем шлак, заливающий головку рельса. После прессования и освобождения рельсов остывший шлак легко отбивается от их головки.

4. Дуплекс представляет собой сварку способом промежуточного литья с последующим прессованием.

Наилучшим способом считается комбинированный, но вследствие затруднительности, а в некоторых случаях и невозможности фрезеровки концов рельсов для вставки пла-

стинок, наибольшее применение получил способ промежуточного литья. Этот способ имеет следующие преимущества:

а) отсутствует необходимость обрезки и фрезеровки концов рельсов;

б) не требуется особой точности в длине при вставке отдельных кусков и звеньев;

в) обрезка рельсов может быть произведена автогеном;

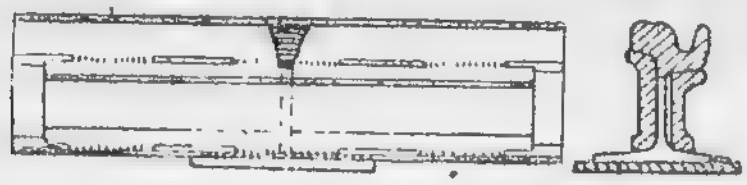
г) аппаратура очень проста, сложные и дорогие стяжные прессы не применяются;

д) не требуется вставки пластинок;

е) сварка производится быстрее, чем при других способах.

Электрическая сварка

Электросварка применяется при смешанных стыках, когда соединение рельсов накладками производится не с помощью болтов, а приваркой. Особенно широко применяется электросварка при ремонтных исправлениях пути (электронаплавка стрелок, крестовин, сбитых стыков и т. д.).



Фиг. 35. Рельс, сваренный электросваркой.

Электросварка производится при помощи угольных или металлических электродов.

Первый способ применяется редко. При этом способе между рельсом и угольным электродом получается электрическая дуга, в которой расплавляется вводимый металлический стержень. Расплавленный металл наплавляется на привариваемую деталь.

При электросварке металлическим электродом металл электрода плавится и приваривает накладки к рельсам. К этому методу сварки относится часто применяемый способ Аркос, при котором головка каждого рельса в стыке скашивается под углом 30—35° и затем наплавляется электродом, дающим вязкий металл (фиг. 35).

Поверхность головки рельса в стыке наплавляется более твердым электродом. Для большей устойчивости стыка к подошве рельса приваривается металлическая пластинка. После сварки производится зачистка поверхности стыка и рабочего канта при помощи карборундовых кругов.

Для сварки обычно пользуются постоянным током напряжением 110 в или переменным — напряжением 70 в.

В смешанных стыках, так же как и в сборных, соединение рельсов производится накладками, приваренными к головкам рельсов электрической сваркой. Стыки этой конструкции при правильном производстве работ превосходят по механическим качествам сборные и сварные, но требуют больше металла и стоят дороже.

49. ПУТИ В КРИВЫХ (НОРМАЛЬНЫЕ РАДИУСЫ)

Минимальным допустимым радиусом на трамвайных путях считается 20 м, но его применения следует избегать и пользоваться радиусом не меньше 30 м.

Нормальными радиусами считаются 20, 25, 30, 40, 50, 60 и 100 м; от 100 до 200 м радиусы нормируются через 50 м, от 200 до 500 м — через 100 м и свыше 500 м — через 500 м. Применение нормальных радиусов облегчает работу по разбивке и укладке путей, так как дает возможность пользоваться готовыми таблицами.

Отступление от нормальных радиусов допускается в узлах между специальными частями.

Для облегчения вписывания вагонов в кривые, безопасности движения и равномерного износа головок обеих ниток рельсов в горизонтальном и вертикальном направлениях на кривых участках предусматриваются:

а) уширение колеи против нормальной ширины 1524 мм в прямых;

б) увеличение ширины междупутья для соблюдения габаритных норм;

в) укладка наружной нитки рельсов с повышением уровня головки против внутренней нитки;

г) укладка рельсов Феникс с усиленной губкой или контррельсов (при рельсах Виньоль);

д) сопряжение кривых участка с прилежащими прямыми при помощи переходных кривых.

50. УШИРЕНИЕ КОЛЕИ В КРИВЫХ

При уширении колеи в кривых для правильного вписывания вагона исходят из условия, чтобы вагон не был зажат в рельсовой и контррельсовой колее и направлялся не только головкой рельса, но и контррельса. Величина уширения зависит от: 1) жесткой базы вагона, 2) диаметра колес, 3) размеров и очертания реборды, 4) радиуса кривой, 5) ширины жолоба, 6) очертания головки рельса.

Так как трамвайные вагоны и рельсы бывают разной конструкции, для каждого случая получается особая норма уширения, и полное выполнение теоретических условий невозможно.

Практически принимается единая ширина колеи 1532 мм в кривых радиусом до 75 м, т. е. единое уширение, равное 8 мм. Кривые радиусом больше 75 м устраиваются без уширения колеи.

Разгонка уширения делается в пределах переходной кривой; в случае же отсутствия ее, на прилегающем к кривой звене протяжением не менее 12 м.

Если разгонка уширения за пределами кривой невозможна, она делается в пределах первой и последней четвертей кривой.

Уширение колеи производится отодвиганием от оси пути наружного рельса и закрепляется установкой тяг по нормам, указанным выше.

51. УШИРЕНИЕ МЕЖДУПУТЬЯ

Ширина междупутья в прямых определяется шириной кузова вагона и минимальным расстоянием между кузовами в 600 мм.

На кривых участках пути опоры для подвески контактного провода на междупутье не устанавливаются. Минимально допустимый промежуток между наиболее выдающимися частями вагонов составляет в кривых 300 мм (расстояние между углом кузова снаружи кривой и серединой кузова внутри кривой). Наименьшее расстояние между осями путей определяется для четырехосных вагонов.

Расстояние середины кузова вагона в кривой до рабочего канта рельса по радиусу определяется по формуле:

$$y = \left(R_0 + \frac{a}{2}\right) + \frac{b}{2} - \sqrt{R_0^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2},$$

а угла кузова вагона до рабочего канта наружного рельса по формуле:

$$x = \sqrt{\left[b + \sqrt{R_0^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}\right]^2 + \frac{L}{2}} - \left(R_0 + \frac{a}{2}\right),$$

где: R_0 — радиус кривой до оси пути;
a — ширина колеи;
b — ширина кузова вагона;
I — расстояние между осями полускатов при двухосных вагонах и между осями тележек при четырехосных вагонах;

L — длина кузова вагона.

В табл. 21 приведены наибольшие выносы и свесы вагонов в кривых радиусом от 16 до 100 м, измеренные от рабочего канта рельсов для двух типов четырехосных вагонов.

Таблица 21

Расстояния между осями путей на кривых с учетом выноса вагонов

Радиус кривой в метрах	При исходном расстоянии между осями путей на прямых участках пути в мм				Максимальная величина свеса середины вагона с внутренней стороны кривой в мм	Минимальная величина вылета угла вагона с внешней стороны кривой в мм
	3200		3550			
	Расстояние между осями колей на кривых участках пути в мм					
	нормальное	минимальное для тесных мест при протяжении кривой не более 20 м	нормальное	минимальное для тесных мест при протяжении кривой не более 20 м		
20	4040	3740	4040	3740	380	460
30	3770	3470	3770	3550	250	310
50	3540	3240	3550	3550	150	190
75	3430	3200	3550	3550	100	130
150	3320	3200	3550	3550	50	60

52. ПОВЫШЕНИЕ НАРУЖНОГО РЕЛЬСА В КРИВЫХ

При существующих на трамвайных линиях скоростях (до 40—50 км/час) центробежный момент, опрокидывающий вагон наружу кривой, уравновешивается противодействующим моментом веса вагона. Повышение наружного рельса имеет целью уравнять давление на наружную и внутреннюю рельсовые нитки пути и определяется по формуле:

$$h = 12{,}5\frac{v^2}{R},$$

т. е. зависит от радиуса кривой R и скорости движения v.

Нормы повышения наружного рельса в кривых зависят от условий, в которых работают пути (интенсивное и неинтенсивное автогужевое и пешеходное движение, пути на обособленном полотне и на загородных линиях), и от скоростей движения по путям для различных величин радиусов кривых.

В обычных условиях эксплоатации трамваев и кривых принимаются нормы повышения наружного рельса, приведенные в табл. 22.

Таблица 22

Нормы повышения наружного рельса в кривых в обычных условиях эксплоатации

Радиус кривой, м	До 20	От 20 до 50	От 50 до 150	От 150 до 500	От 500 до 1000
Величина превышения, мм . .	50	45	40	30	15

Разгонка повышения рельсов в кривых делается в пределах переходной кривой, в случае же ее отсутствия — на прилегающих к концам кривой звеньях прямой на протяжении не менее 12 м или, если это невозможно, — в первой и последней четвертях кривой.

Повышение делается за счет одновременного повышения наружной и понижения внутренней нитки рельсов.

53. КОНТРРЕЛЬСЫ И РЕЛЬСЫ ФЕНИКС С УСИЛЕННОЙ ГУБОЙ

Рельсы Феникс с усиленной губой или контррельсы в кривых, где уложены рельсы Виньоль, укладываются по обеим ниткам рельсов или по одной внутренней нитке, в зависимости от радиуса кривой и продольного уклона линии.

Таблица 23

Нормы укладки в кривых рельсов Феникс с усиленной губой

Продольный уклон в тысячных	Радиус кривой, м	Укладка специального рельса
0—20	До 150	По обеим ниткам
	От 150 до 300	Только по внутренней нитке
Свыше 20	До 200	По обеим ниткам
	От 200 до 400	Только по внутренней нитке

Нормы укладки рельсов в кривых приведены в табл. 23 и 24. Расстояние между рельсом и контррельсом принимается в 35 мм.

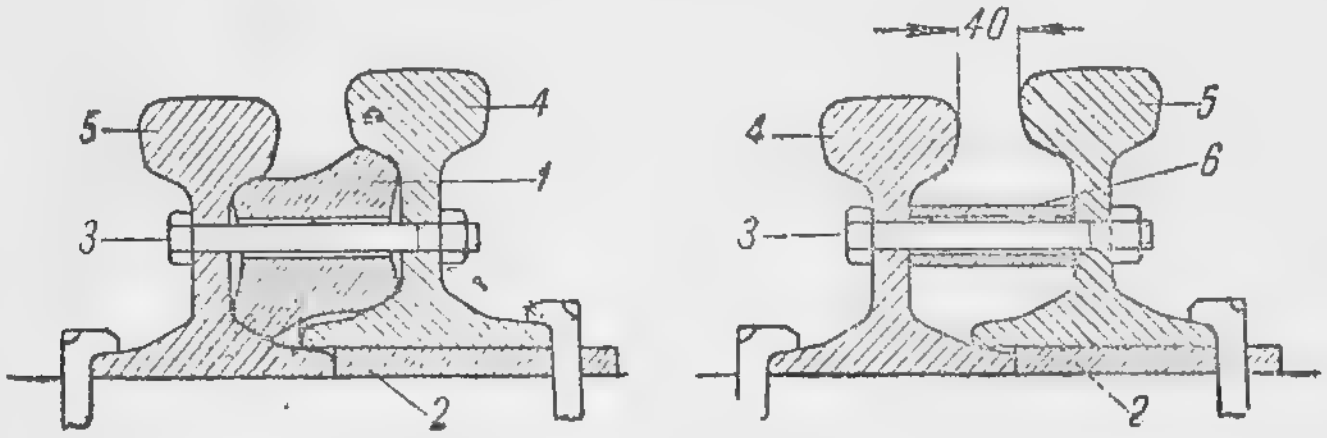
Таблица

Нормы укладки в кривых контррельсов

Продольный уклон в тысячных	Радиус кривой, м	Укладка контррельса
0—10	До 75	По обеим ниткам
	От 75 до 200	Только по внутренней нитке
11—20	До 100	По обеим ниткам
	От 100 до 300	Только по внутренней нитке
Свыше 20	До 150	По обеим ниткам
	От 150 до 400	Только по внутренней нитке

Контррельс устанавливается на специальной подкладке так, чтобы головка его была выше головки путевого рельса на 10—15 мм.

Неизменное положение контррельса и постоянство ширины жолоба обеспечиваются установкой между рельсом и



Фиг. 36. Контррельс:

1—чугунный вкладыш; *2*—подкладка; *3*—болт; *4*—контррельс; *5*—рельс; *6*—газовая трубка.

контррельсом специальных чугунных вкладышей или отрезков газовых труб, стянутых болтами (фиг. 36).

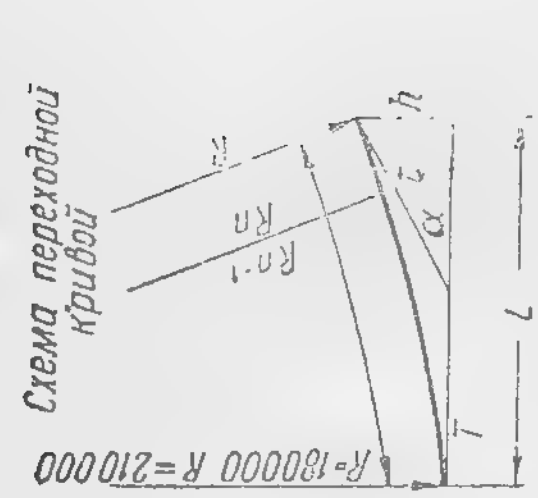
Нормальное расстояние между вкладышами 0,75—1 м.

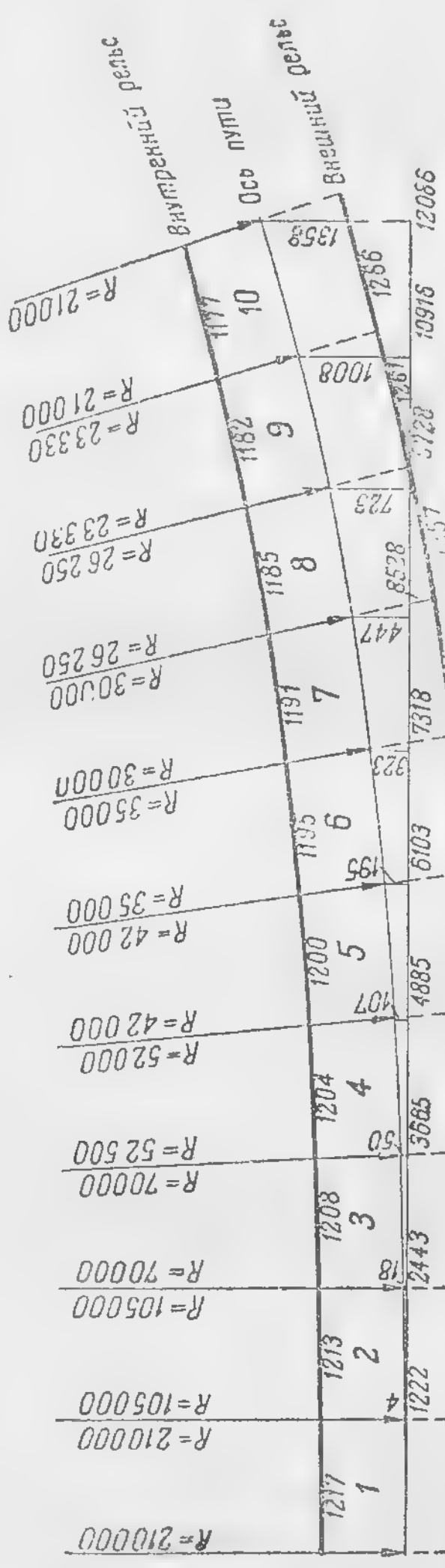
Концы контррельсов и специальные рельсы Феникс должны заходить на прямой участок не менее 2 м при наличии переходной кривой и не менее 4 м при отсутствии ее.

54. ПЕРЕХОДНЫЕ КРИВЫЕ

Для плавности вписывания вагона в кривую, во избежание толчков при входе, разбивку кривых необходимо производить при помощи переходных кривых.

R	d	T	L	S	t	h
210	0°20′	611	1222	1222	611	4
105	1°00′	1429	2443	2443	1114	18
70	2°00′	2241	4465	3665	1421	9
52,5	3°20′	3051	4885	4887	1852	107
42,0	4°00′	3871	6109	6109	2251	195
35	5°00′	4688	7318	7318	2650	323
30	5°20′	5513	8526	8526	3026	491
26,25	1°00′	7159	9728	9774	3898	723
23,33	10°00′	7159	10936	12215	4318	1008
21	10°20′	7983	12066	12217		1358





Фиг. 37. Переходные кривые.

Наиболее рациональна разбивка переходных кривых по сложной спирали.

Элементы переходных кривых (начальный радиус, длина и число элементов и пр.) зависят от подвижного состава, величины конечного радиуса, местных условий и возможностей и пр.

В обычных условиях трассировки трамвайных путей нормальными типами переходных кривых являются кривые по сложной спирали с начальным радиусом 336 м и длиной элемента $\Delta S = 2{,}932$ м; при стесненных условиях — с начальным радиусом 210 м и длиной элемента 1,222 м (фиг. 37).

Число элементов для каждого отдельного случая по этим кривым зависит от конечного радиуса.

55. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ ДЛЯ ПРОПУСКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОВАРНЫХ ВАГОНОВ

В хозяйственной жизни города большое значение имеет возможность использования трамвайных путей для пропуска железнодорожных товарных вагонов.

Отличаясь от трамвайных вагонов габаритом и деталями ходовых частей, товарные вагоны могут проходить только по специально приспособленным трамвайным путям.

Для пропуска товарных вагонов укладывают рельсы Виньоль. Габаритные размеры пути должны соответствовать ширине товарного вагона (3350 мм).

Габариты приближения зданий и сооружений увеличиваются в прямых на $3350 - 2600 = 750$ мм.

Кривые рассчитываются на вписывание товарного вагона. Расстояние между рельсом и контррельсом должно удовлетворять прохождению товарного и трамвайного вагонов.

Наименьший радиус кривых для пропуска товарных вагонов, снабженных сцепными приборами обычного типа, принимается 40 м, для пропуска вагонов, снабженных автосцепками ИРТ-3, — 75 м.

Расстояние между рельсами и контррельсами (как правило, одинаковое по обеим ниткам рельсов) принимается:

53 мм в кривых радиусом 40 м,
52 мм в кривых радиусом от 50 до 60 м,
50 мм в кривых радиусом от 60 до 100 м,
46 мм в кривых радиусом свыше 100 м и на прямых.

Минимальное расстояние между рельсом и контррельсом по внутренней нитке может быть уменьшено до

40 мм. В этом случае расстояние между рельсом и контрельсом по наружной нитке принимается:

66 мм в кривых радиусом 40 м,
64 мм в кривых радиусом 50 и 60 м,
60 мм в кривых радиусом 75 м.
56 мм в кривых радиусом 100 м.
54 мм в кривых радиусом 150 м.
52 мм в кривых радиусом больше 150 м и на прямых.

Для совмещенного движения по трамвайным путям трамвайных и товарных вагонов требуются специальные части, стрелки и крестовины особой конструкции.

Размеры стрелочных переводов и их элементов определяются по двухосному товарному вагону.

Радиус пера принимается 50 и 75 м. В исключительных случаях разрешается применение перьев с радиусом 40 и 60 м.

Крестовины употребляются кривые, такого же радиуса как наружные перья стрелок — при ответвлении, или прямые марки 1 : 6 (при $R = 50$ м) и 1 : 7 (при $R = 75$ м) — при переходах.

56. УСТРОЙСТВО И ВИДЫ УЗЛОВ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЧАСТИ

Ответвления и пересечения трамвайных линий осуществляются укладкой стрелок и крестовин, которые называются специальными частями.

Участок пути, на котором посредством стрелок и крестовин осуществляется заданная схема движения, называется узлом. Комплекты специальных частей называются элементами узла.

При существующем большом разнообразии планировки городских улиц ответвления и взаимные пересечения трамвайных линий могут встречаться в самых различных сочетаниях.

Элементы узла по возможности должны быть из стандартных специальных частей.

Типовыми элементами в трамвайных путях являются:

1) пересечение путей;

2) ответвления путей, которые, в зависимости от направления, разделяются на: а) правое, б) левое, в) симметричное, г) несимметричное и д) с пересечением;

3) переход с одного пути на другой, параллельный первому;

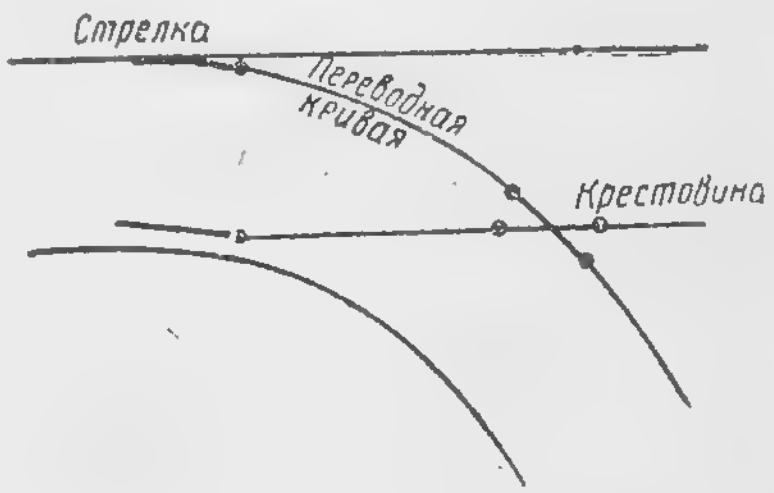
4) конечные и промежуточные возвратные узлы;

5) сложные соединения отдельных ответвлений (соединения двух и более основных узлов).

57. СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ

Ответвление от главного пути осуществляется укладкой стрелочного перевода, состоящего из: стрелки, переводной кривой и крестовины (фиг. 38).

Стрелочный перевод должен плавно, без толчков и ударов, пропускать вагон на прямой путь и на ответвление, должен быть доступен для осмотра и ремонта и снабжен механизмом, обеспечивающим неизменность установленного положения частей перевода.



Фиг. 38. Схема стрелочного перевода.

Стрелка состоит из двух главных частей: рамного рельса и подвижного пера, вращающегося вокруг оси у корня.

Вагон направляется на тот или другой путь, в зависимости от направления пера стрелки.

На стрелочном переводе устанавливаются две стрелки: внешняя — на внешнем рельсе и внутренняя — на внутреннем.

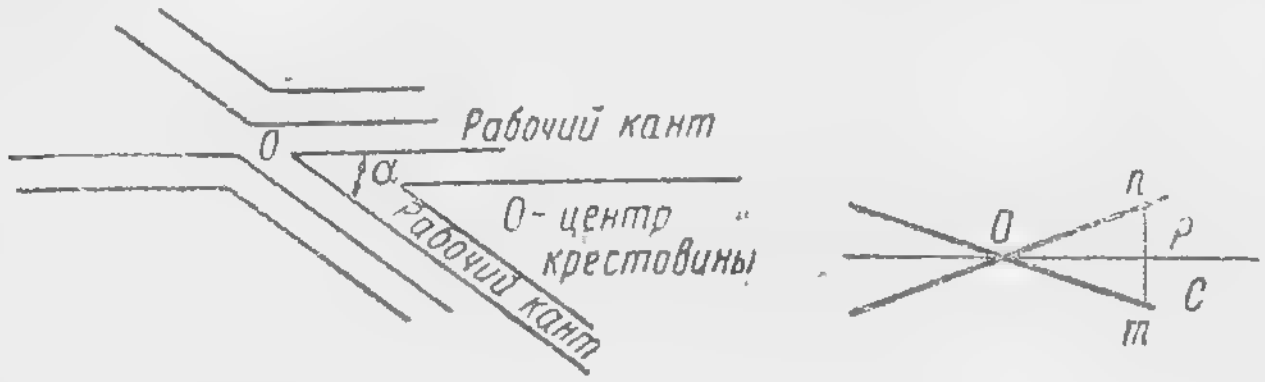
Перья обеих стрелок соединены тягой так, что когда перо внешней стрелки прижато к рамному рельсу, перо внутренней стрелки отходит от него и дает возможность реборде вагона проходить между пером и рамным рельсом. В этом положении перо внешней стрелки служит продолжением головки рамного рельса, и вагон направляется на ответвление.

На путях с неинтенсивным и по преимуществу поперстным движением иногда укладываются стрелочные переводы с одним подвижным (внутренним) и одним глухим пером (составляющим одно целое с рамным рельсом).

На трамвайных путях применяются стрелки с перьями, рабочий (направляющий) кант которых на ответвление описан по дуге круга (кривые перья). Типовыми нормальными стрелками считаются стрелки с радиусом кривизны внутреннего пера 20, 30 и 50 м. Эти стрелки обозначаются:

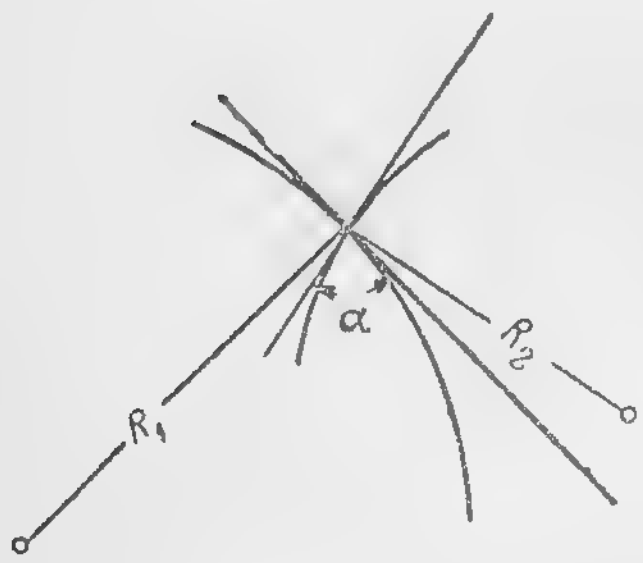
С = 20; С = 30 и С = 50. Перья наружных стрелок соответственно имеют кривизну 21,528; 31,528 и 51,528 [1].

Крестовины укладываются в местах пересечения рельсовых ниток в стрелочных переводах и в узлах.



Фиг. 39. Схема крестовины.

Крестовины бывают прямые и кривые. Кривые крестовины имеют одну прямую и одну кривую нитки или две кривые нитки.



Фиг. 40. Схема крестовины.

Типовыми нормальными прямыми крестовинами принимаются крестовины марки 1 : 4, 1 : 5 и 1 : 6, а также пересечение под прямым углом кривых с одной прямой и одной кривой нитками радиусом 21,528; 31,528 и 51,528 м, равным радиусу пера наружной нормальной стрелки. Условно нормальные крестовины обозначаются К = 1/4, К = 1/5, К = 1/6, К = Д, К = 20, К = 30 и К = 50.

Примечание. Маркой крестовины считается отношение величины прямой, проведенной между ее рабочими кантами на одинаковом расстоянии от центра крестовины (точка пересечения этих кантов), к величине перпендикуляра, опущенного из центра на эту прямую, т. е. $M = 2 + \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$, где α — угол крестовины (рис. 39).

Кроме величины радиуса кривизны, кривые крестовины различаются направлением кривизны и углом между касательной к кривой в точке пересечения с прямым кантом и направлением прямого канта (фиг. 40).

---

[1] Ширина колеи определена по прохождению двухосного вагона.

Принимаются нормальными следующие стрелочные переводы и пересечения, составленные из типовых стрелок и крестовин:

1. Стрелочные переводы с прямой крестовиной

С 20 — К = 1/4
С = 30 — К = 1/4
С = 30 — К = 1/5
С = 30 — К = 1/6
С = 50 — К = 1/5
С = 50 — К = 1/6

В этих переводах первая половина обозначения указывает радиус кривизны пера внутренней стрелки, вторая — марку крестовины. Переводная кривая имеет радиус, равный радиусу пера стрелки.

2. Стрелочные переводы с кривыми крестовинами

СК = 20
СК = 30
СК = 50

В этих переводах переводная и кривая стрелки и крестовина имеют одинаковый радиус кривизны (равный радиусу внешней стрелки).

С = 30 — К = 20
С = 50 — К = 30

В этих переводах крестовина имеет меньший радиус, чем стрелка. Радиус переводной кривой принимается равным радиусу крестовины.

3. Пересечения с кривыми крестовинами

Нормируются только пересечения нормального ответвления и соседнего пути, уложенного на нормальном расстоянии от основного (3148 и 3550 мм).

П = 20
П = 30
П = 50

В этих пересечениях радиус кривизны ниток крестовины равен радиусу кривизны пера стрелки по каждой нитке.

58. КОНСТРУКЦИИ СТРЕЛОК И КРЕСТОВИН

По конструкции стрелки и крестовины различаются: литые, сборные и сварные.

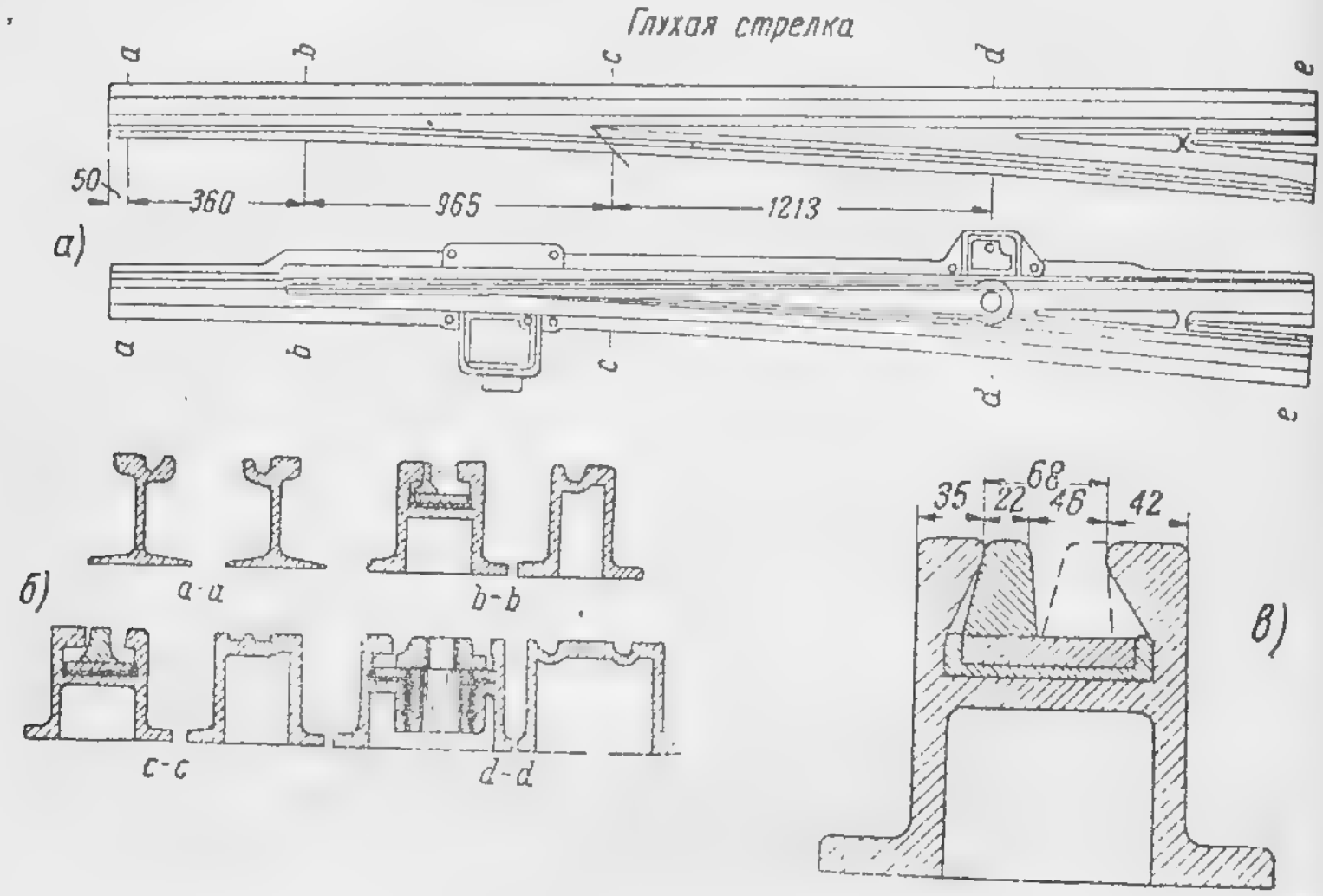
Литые спецчасти до полного износа пропускают в среднем 60—80 млн. т, сварные 20—25 млн. т, сборные 10—15 млн. т.

Литые стрелки и крестовины изготовляются главным образом из марганцовистой стали следующего химического состава:

марганца	от 10 до 14 %
углерода	от 1,2 до 1,4 %
фосфора	не более 0,1 %
кремния	0,0—0, 5 %
серы	меньше 0,8 %

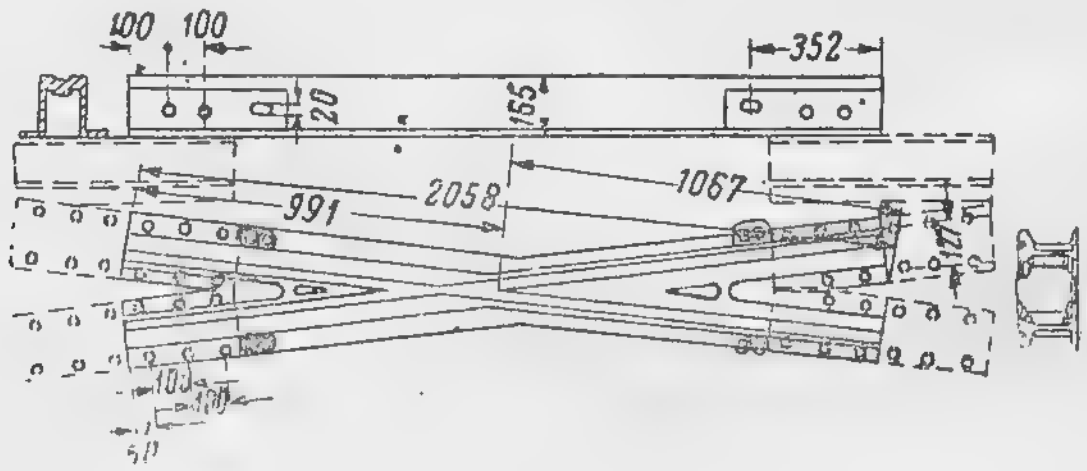
Марганцовистая сталь должна обладать высокой упругостью — не ниже 40 кг/мм²; временным сопротивлением

на разрыв — не менее 100 кг/мм²; относительным удлинением — около 40%; относительным сужением — около 40%; твердостью по Бринелю — не ниже 210.



Фиг. 41. Детали пера стрелки.

Вязкость должна быть такой, чтобы образец длиной 250 мм, шириной 19 мм и толщиной 13 мм, не обнаруживал трещин или признаков излома при изгибании в холод-



Фиг. 42. Детали крестовины.

ном состоянии на 180° прессом или при помощи ударов плоской стороной образца вокруг оправки диам. 25 мм.

Литая стрелка состоит из двух главных частей: тела (отливка коробчатого сечения) и остряка. Общий вид стрелки глухой и с подвижным пером системы Гедфильда приведен на фиг. 41, а и б.

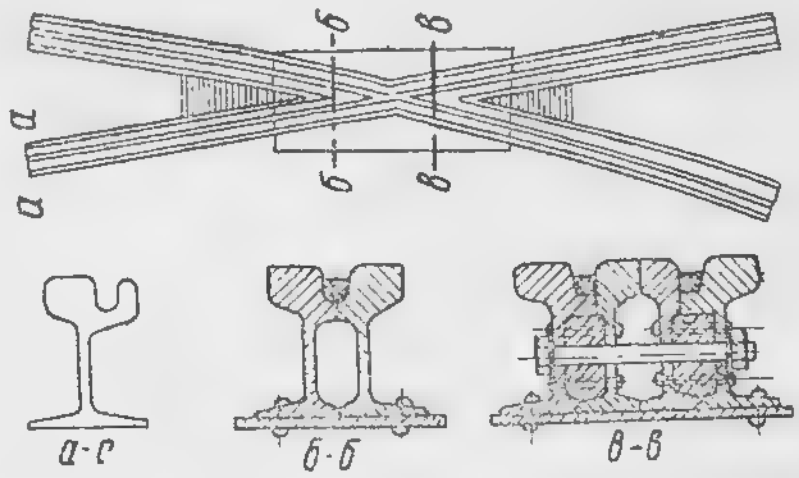
Перо имеет Т-образную или трапецоидальную форму (фиг. 41, в).

Литые крестовины из марганцовистой или углеродистой стали отливаются цельными и имеют в разрезе коробчатую форму (фиг. 42).

59. СБОРНЫЕ СТРЕЛКИ И КРЕСТОВИНЫ

Сборные стрелки и крестовины изготовляются из обыкновенных рельсов Феникс или Виньоль путем их остружки и соединения отдельных частей болтами с чугунными или стальными вкладышами. К сборным конструкциям относятся также сварные, у которых отдельные части привариваются друг к другу.

Перо сборной стрелки бывает из литой стали специального профиля. Головка рамного рельса не позволяет делать углубления для пера. Поэтому для усиления острия перья проектируются с пересечением рамного рельса; толщина острия пера при радиусе 50 м равна около 14 мм.



Фиг. 43. Детали крестовины.

Вкладыши между рельсом и контррельсом (двумя составными элементами сборной стрелки) служат одновременно подушкой для стрелочного перехода.

Сборные стрелки и крестовины, состоящие из отдельных частей, соединенных болтами, имеют сложную конструкцию, быстро расстраиваются в эксплоатации, требуют внимательного и непрерывного ухода.

На фиг. 43 приведен образец сборной крестовины из рельсов типа Феникс. Накат получен приваркой в жолобе специального куска стали. Для одновременного перевода обоих перьев стрелки они соединены тягой, длина которой регулируется на ее концах гайками или муфтой, соединяющей две части тяги.

Переводной механизм заключается в специальную чугунную коробку. Она помещается между рельсами и опущена настолько, что ее крышка находится на одном уровне с головками рельсов.

Переводной механизм снабжается замыкателем, который усилием в 60—80 кг плотно прижимает перо к рамному рельсу или контррельсу.

Замыкатель должен давать возможность переводить перо в любом направлении и допускать врезывание стрелки при пошерстном движении с возвращением в первоначальное положение после прохода вагона.

Основания под узлами устраиваются таких же типов, как и под путями, но более мощные и с обязательным отводом воды.

При шпальных основаниях в узлах трудно распределить шпалы из-за пересечения линий. Поэтому узлы укладываются на переводных брусьях более длинных, чем шпалы. Брусья проходят под несколькими линиями и пересечениями. Благодаря этому создаются лучшая связь между линиями и равномерная передача давления на основание. Для усиления пути в узлах специальные части и рельсы желательно пришивать к шпалам не костылями, а шурупами.

Признаками аварийного состояния стрелочных переводов, при котором не допускается движение поездов, являются:

1) поломка конца пера;

2) износ крепления пяты, при котором перо получает возможность перемещаться в вертикальной плоскости больше, чем на 5 мм;

3) наличие в пере поперечной трещины;

4) наличие трещин в шейке по стыковым отверстиям;

5) наличие трещин в теле рамного рельса стрелок или крестовин;

6) боковой износ остряка свыше 8 мм в глухих стрелках и крестовинах и свыше 12 мм в стрелках с подвижными перьями:

7) превышение пера над рамным рельсом более, чем на 4 мм (конец пера должен быть зачищен в уровень с рамным рельсом) и понижение более, чем на 2 мм;

8) глухие стрелки с уступом в накате в подвижной части жолоба по разным направлениям свыше 2 мм.

60. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ С ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМИ

Пересечения трамвайных путей с железнодорожными бывают двух типов: в одном уровне и в разных уровнях.

Пересечения в одном уровне допускаются в исключи-

тельных случаях только с товарными, заводскими и прочими путями местного значения по соглашению горсоветов с соответствующими органами МПС и министерств, в ведении которых находятся заводские и промышленные пути.

При пересечении в разных уровнях трамвайные пути могут проходить над железнодорожными путями или под ними.

В первом случае габариты путепровода определяются нормами железных дорог; во втором случае высота низа конструкции верхнего строения путепровода над головкой рельсов должна быть не меньше 4,5 м, а остальные габариты определяются по существующим нормам.

Пересечения трамвайных путей с железнодорожными пассажирскими и товарными магистральными в одном уровне не разрешаются.

Крестовины глухого пересечения должны быть литыми из марганцовистой стали. Только на линиях со слабым движением (грузооборот не больше 3 млн. т в год) допускается укладка сборных электросварных крестовин из рельсов Виньоль не ниже IIA.

Жолоб железнодорожного пути должен иметь ширину 45 мм, глубину 50 мм, а в трамвайном пути — ширину 37 мм, глубину — 20 мм.

Пересечение укладывается на шпально-щебеночном основании, при чем шпалы располагаются нормально к оси более загруженного пути.

61. ВОДООТВОДНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА ТРАМВАЙНЫХ ПУТЯХ

Вода, попадающая в основание трамвайных путей, разрушает его, размывая и засоряя балласт и грунт. В результате образуются балластные корыта и происходит: а) просадка пути (из-за разрушения основания); б) разрушение и расстройство мостовой в пределах полосы, занятой путями трамвая; в) общее расстройство пути; г) преждевременный износ подвижного состава трамвая (из-за расстройства пути).

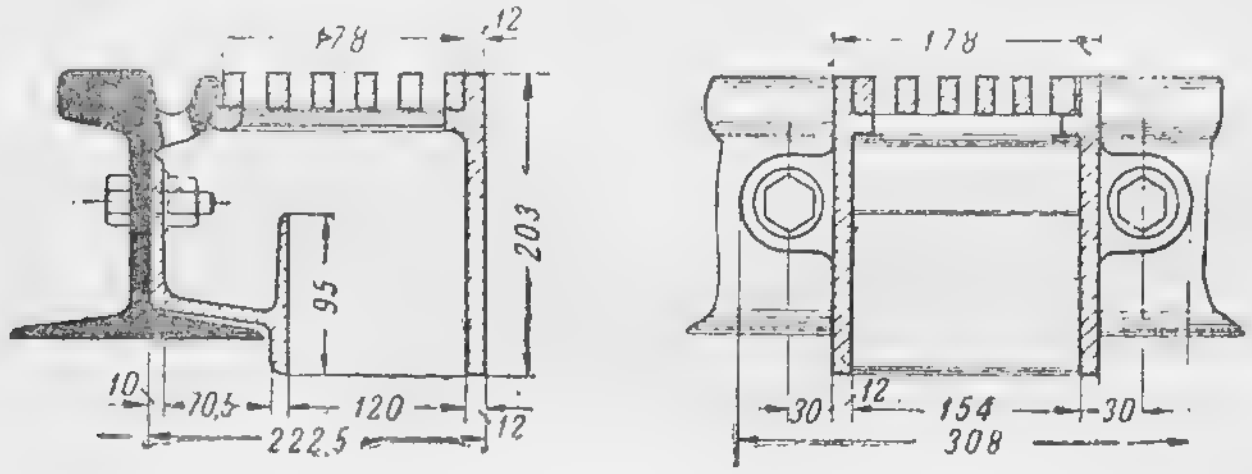
Вопрос отвода воды от основания трамвайных путей и отвода поверхностных вод должны разрешаться при проектировании в связи с общим благоустройством города.

Водосточная сеть отводит воду с поверхности трамвайных путей различными способами, в зависимости от местных условий.

Из всей выпавшей на поверхность путей воды отводится лишь часть, значительное же количество воды (практически от 10 до 50%, в зависимости от типа и состояния замощения) попадает в основание путей, просачиваясь через швы замощения и щели между рельсом и замощением.

Наиболее простым способом отвода воды в городах, не имеющих водосточной сети, является устройство лотка с уклоном в сторону естественного водостока, если такое устройство не препятствует безрельсовому транспорту; в этом случае укладываются иногда специальные чугунные лотки.

При наличии в пункте сооружения трамвайного пути водосточной сети отвод поверхностных вод осуще-



Фиг. 44. Коробка водостока (ленинградский тип).

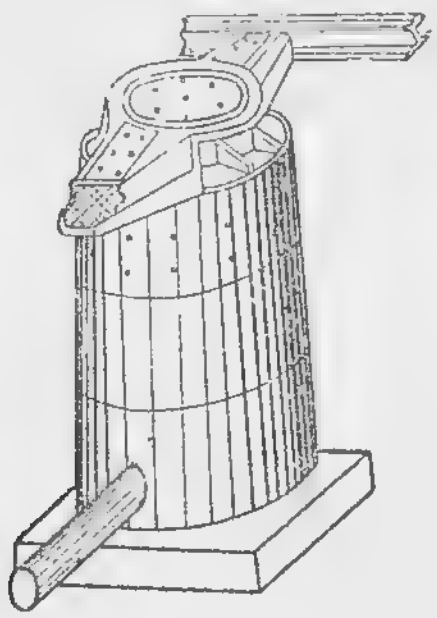
ствляется следующим образом: вода по уклонам в продольном направлении пути собирается в пониженные места, поступает через специальные коробки и водоприемные путевые колодцы и оттуда отводится гончарными или асбесто-цементными трубами в городской водосток; эти колодцы могут одновременно служить также дренажными колодцами (если устраивается дренажная сеть).

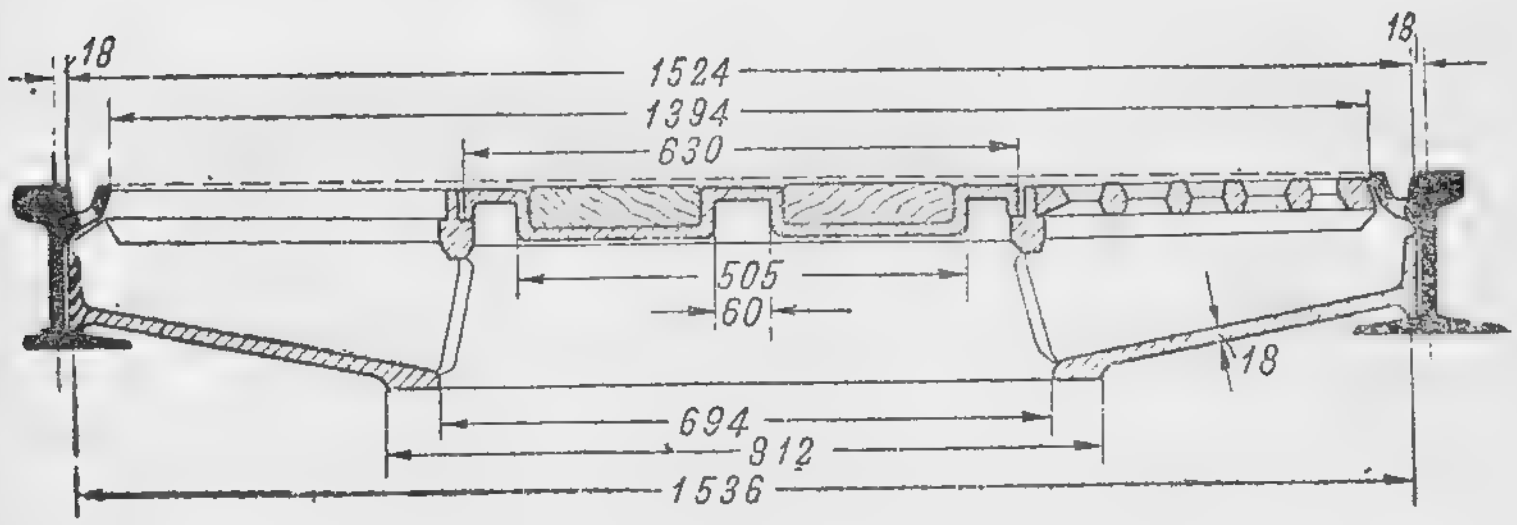
При укладке пути из рельсов типа Феникс в пониженных местах устанавливаются водоприемные чугунные коробки отдельно на каждую нитку рельса (фиг. 44), или общие на обе нитки (фиг. 45). В коробки попадает вода с путей и из желобов рельсов. Для этого в желобах через 30—40 м делаются отверстия размером 20×120 мм.

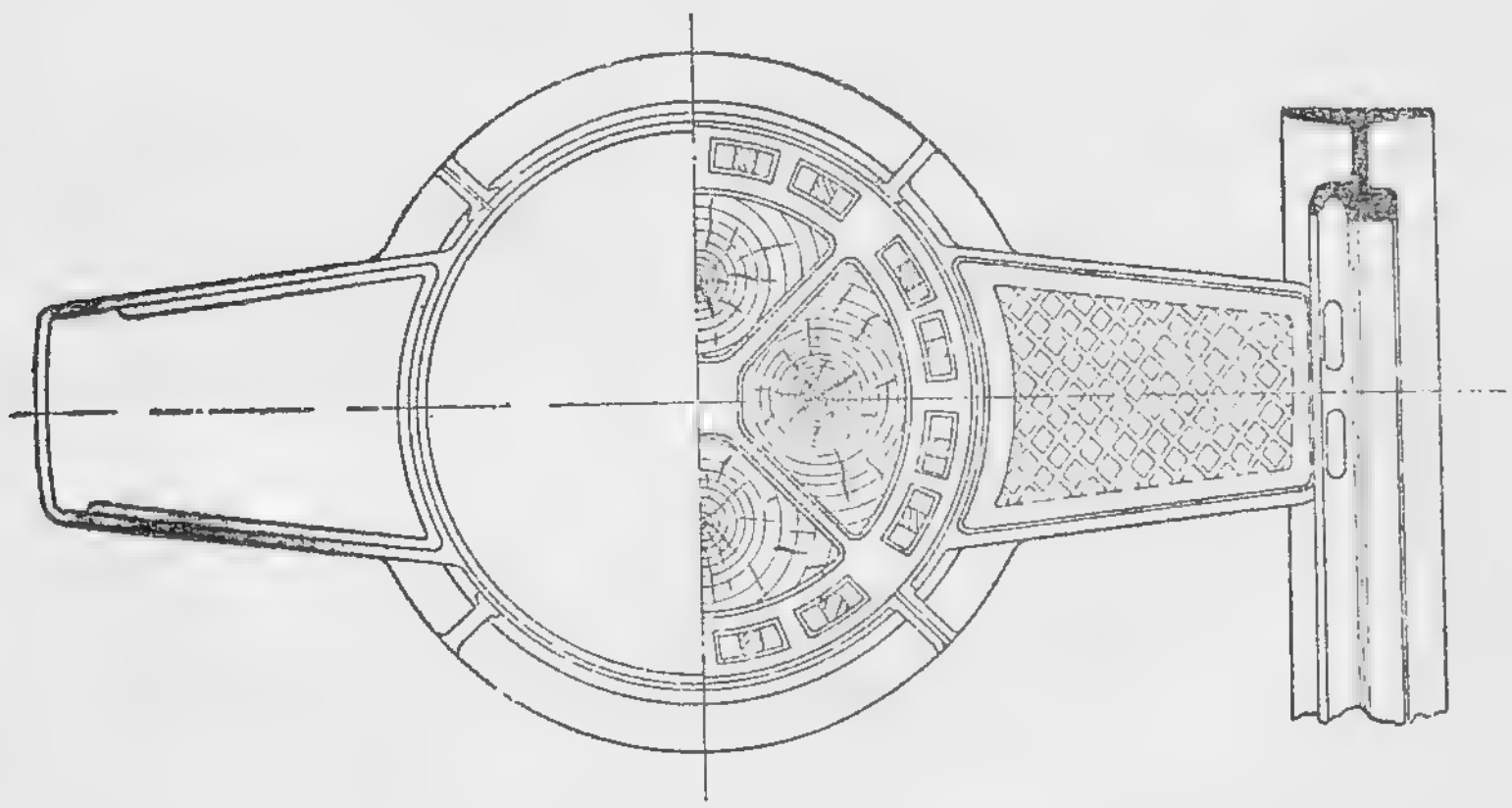
Крышки водоприемных путевых коробок имеют отверстия для попадания воды также непосредственно с поверхности улиц.

Такие же коробки, несколько иной конструкции, устанавливаются на путях из рельсов Виньоль. Водоприемные

коробки (колодцы) бывают бетонные или кирпичные диам. 0,7 м и глубиной от 0,7 до 2 м, в зависимости от глубины заложения городской водосточной сети.







Фиг. 45. Коробка водостока (московский тип).

Если колодец сделан из бетонных колец, то верхняя секция должна быть снабжена отверстиями в 30—40 мм

для просачивания воды из верхних слоев основания трамвайных путей.

Водоприемные коробки (колодцы) на двухпутных линиях целесообразнее устанавливать по оси междупутья. В исключительных случаях, при большом количестве дождевых и прочих поверхностных вод устраивают по одному колодцу на путь.

Для отстаивания грязи, ила и предохранения труб от засорения вокруг выходного отверстия труб, идущих из водоприемной коробки, должен быть сделан прилив высотой 60—80 мм. В тех же целях трубы, отводящие воду из смотровых колодцев, должны быть устроены на 100—150 мм выше дна колодца.

62. ДРЕНАЖ

В случае укладки путей на водонепроницаемых грунтах необходимо обязательно дренировать основание, независимо от его типа. Дренирование производится путем укладки дренажных труб или устройства дренажных канавок, заполненных дренирующим материалом (щебень, хворост и пр.).

Дренажная сеть располагается по оси междупутья или по одну сторону путей.

Таблица 25

Данные дренажной канавы

Род грунта	Полоса, осушаемая дренажной канавой, м	Отношение расстояния осушаемой полосы к глубине канавы
Легкий песчаный	20—24	14—15,6
Песчано-глинистый	18—20	12—14
Глинистый	14—16	10—12
Обыкновенный глинистый с камнями	10—12	7.5—9
Очень тяжелый глинистый . .	8—10	7—7,5

Глубина дренажной канавы зависит от местных условий (глубины промерзания) и конструкции основания путей.

Глубина заложения канавы определяет и ширину дре-

нируемой полосы. Как показывает табл. 25, ширина осушаемой дренажной канавой полосы равна 7—15-кратной глубине канавы и доходит до 24 м. При самых тяжелых грунтовых условиях канава глубиной 0,7 м достаточна для осушения наибольшей полосы трамвайных путей.

Вода стекает по дренажной сети в смотровые колодцы, а оттуда — в городскую водоотводную сеть. Ширина дренажной канавы вверху — 0,5 м, на дне — 0,25—0,32 м.

Дну дренажной канавы придается продольный уклон от 0,010 до 0,020. При этом уклоне и начальной глубине заложения дренажной канавы и труб 0,7 м (при средней глубине котлована под основание пути 0,5—0,6 м) глубина заложения у смотровых колодцев доходит до 1,7 м, а глубина смотровых колодцев — до 2 м.

Диаметр дренажных труб принимается по расчету и обычно составляет 75—150 мм, в зависимости от уклона.

Через каждые 30—50 м дренажной сети устраиваются кирпичные или бетонные смотровые колодцы глубиной до 2 м. Весьма удобно применение бетонных колодцев, состоящих из отдельных секций, высотой 0,5 м и диам. 0,7 м.

На загородных линиях отвод воды с полотна осуществляется следующими мерами.

Поверхности земляного полотна под баластом придается поперечный уклон в обе стороны 2,5—3%, а водоотводным канавам (кюветам) — продольный уклон по возможности 0,003 и больше, а в исключительных случаях — не меньше 0,001. Уклон канав зависит от свойств грунта и способов его укрепления против размывания. В естественном грунте уклон может быть не больше 0,01, при одерновании дна и боков — 0,03, при замощении дна и боков — 0,05.

В случае больших скатов местности канавы устраиваются уступами.

Наименьшая ширина кювета по дну 0,4 м, глубина — 0,5 м.

Крутизна откосов кювета от 1 : 1 до 1 : 1½.

63. ЗАМОЩЕНИЕ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

Род замощения трамвайных магистралей зависит от: 1) типа верхнего строения и основания путей; 2) характера и напряженности безрельсового транспорта; 3) сани-

тарно-гигиенических и архитектурных требований и 4) наличия местных дорожных материалов.

С точки зрения благоустройства городов замощение главных магистралей должно быть усовершенствованного типа. Наиболее часто применяется булыжное (клейнпфлястер и клинкер) и асфальтовое замощение.

На мостах, для облегчения веса верхнего строения, применяется торцовое замощение (деревянные шашки).

Основными вопросами при замощении трамвайных путей являются: 1) конструктивная высота замощения, 2) заполнение шейки рельса, 3) примыкание замощения к рельсам (образование жолоба).

В табл. 26—31 приведены размеры элементов замощения разных типов.

При рельсах железнодорожного типа Виньоль IIA замощение можно производить только сравнительно низким булыжником и брусчаткой; такое замощение допустимо лишь при слабом автогужевом движении.

Наиболее слабым местом является примыкание рельсов к замощению. В нормальных условиях булыжное замощение применяется только при укладке путей из рельсов Виньоль.

При замощении брусчаткой путей, уложенных рельсами Виньоль, жолоб можно получить закладкой шейки рельса уширенным бруском.

Таблица 26

Размеры элементов брусчатого замощения (в мм)

Элементы пути	Обозначение	Шпально-песчаное основание	Шпально-щебеночное основание		Шпально-бетонное основание	
		Рельсы				
		Феникс	Феникс	Виньоль IIA	Феникс	Виньоль IIA
Высота рельса	h	180	180	135	180	135
Высота брусчатки (ОСТ 3529)	n	140—160	110—130	100—110	110—130	100—110
Толщина песчаного слоя (чистая)	b	40—20	70—50	35—25	70—50	35—25

В случае применения рельсов Феникс устройство примыкания замощения менее затруднительно.

Закладку шейки рельсов Феникс и Виньоль при замощении брусчаткой можно производить деревянными просмоленными брусками, имеющими форму, соответствующую форме рельса.

Удовлетворительное примыкание асфальтовых покрытий к рельсам можно получить только при бетонных основаниях. При этом заполнение пазух шейки рельса производится асфальтом или деревянным бруском.

Хорошие результаты достигаются при укладке вдоль рельсов асфальтовых кирпичей.

Таблица 27

Размеры элементов замощения клейнпфлястером (в мм)

Элементы пути	Обозначение	Рельсы	
		Феникс	Виньоль IIA
Высота рельса	*h*	180	135
Высота клейнпфлястера . . .	*а*	80—100	80—100
Толщина песчаного слоя . . .	*б*	20	20
Высота слоя щебня или бетона до подошвы рельса	*в*	80—60	35—15

Таблица 28

Размеры элементов торцового замощения (в мм)

Элементы пути	Обозначение	Рельсы	
		Феникс	Виньоль IIA
Высота рельса	*h*	180	135
Бетонное основание:			
высота торца	*а*	100—120	—
толщина цементной смазки	*б*	10	—
высота слоя бетона (до подошвы рельса) . . .	*в*	70—50	—
Щебеночное основание:			
высота торца	*а*	100—120	100
толщина доски	*г*	80—60	35

Таблица 29

Размеры элементов клинкерного замощения

Элементы пути	Обозначение	Шпально-песчаное основание		Шпально-бетонное и щебеночное основание	
		Рельсы			
		Феникс	Виньоль IIA	Феникс	Виньоль IIA
Высота рельса	*h*	180	135	180	135
Высота клинкера . . .	*a*	110	110	110	110
Толщина песчаного слоя	*б*	70	25	20	20
Высота слоя щебня или бетона (до подошвы рельса)	*в*	—	—	50	0[1]

Таблица 30

Размеры элементов асфальтового замощения (в мм)

Элементы пути	Обозначение	Рельсы	
		Феникс	Виньоль IIA
Высота рельса	*h*	180	135
Литой асфальт:			
толщина первого слоя . . .	*а*	20—25	20—25
„ второго „ . . .	*б*	25—30	25—30
Высота слоя бетона или щебня до подошвы рельса . . .	*в*	180-а-б	135-а-б
Асфальтобетон:			
толщина первого слоя . . .	*а*	30—50	30—50
„ второго „ . . .	*б*	0—60	0—30
Высота слоя бетона или щебня до подошвы рельса	*в*	180-а-б	135-а-б
Холодный асфальт:			
толщина асфальта	*а* + *б*	30—40	30—40
Высота слоя бетона или щебня до подошвы рельса	*в*	140—150	95—105

[1] Ниже подошвы рельса.

Таблица 31

Размеры элементов при булыжном замощении (в мм)

Элементы пути	Обозначение	Рельсы		
		Виньоль IIA	Виньоль IIIA	Феникс
Высота рельса	h	135	128	180
Высота булыжного камня . .	a	110—120	100—110	120—150
Толщина песчаного слоя (чистая)	$в$	25—15	28—18	60—30

С точки зрения соответствия типа замощения конструкции пути требуется применять:

1) булыжное замощение — в путях на шпально-песчаном основании при рельсах Виньоль;

2) замощение штучным камнем (брусчатка, клейнпфлястер, клинкер) — в путях на шпально-щебеночном и шпально-бетонном основаниях при рельсах Феникс и Виньоль;

3) асфальтовое замощение в путях на бетонном основании при рельсах Феникс.

С точки зрения соответствия типа замощения его работе, т. е. требований автогужевого движения, необходимо применять:

1) булыжное замощение — на второстепенных улицах с небольшим движением;

2) замощение из штучных камней (вместо асфальта) — на улицах с более интенсивным движением на главных улицах с уклоном больше 2,5%;

3) асфальтовое замощение на главных улицах с интенсивным движением.

Предельные уклоны для покрытий следующие:

а) асфальт . . . . . 3 %
б) торцы, клинкер и клейнпфлястер . . . . 5 %
в) брусчатка . . . . . 6 %
г) булыжник . . . . . 10 %

64. ЭКСПЛОАТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ ПО ТРАМВАЙНЫМ ПУТЯМ

Ремонт трамвайных путей разделяется на три вида: капитальный, планово-предупредительный и текущий.

Капитальный ремонт пути производится периодически, по мере того, как в результате перевозки определенного количества грузов путевая конструкция или ее часть достигают предельного износа. Кроме того, капи-

тальный ремонт выполняется при замене путей, вследствие их нормального износа, на более усовершенствованные (реконструкция пути).

При капитальном ремонте производятся: сплошная смена рельсов, смена узлов, стрелочных переводов и сплошная смена оснований.

Планово-предупредительный ремонт пути предусматривает: сплошную подъемку пути с частичной сменой шпал, рельсов и скреплений, смену отдельных стрелок или крестовин, наплавку спецчастей или рельсов, запиловку волнообразного износа рельсов, сварку стыков, приварку электросоединений.

К текущему ремонту пути относятся: частичная смена рельсов и оснований, частичная подъемка пути, смена отдельных стрелочных остряков, перьев, накладок и тяг, смена и постановка контррельсов, ремонт стыков, а также исправление пути после аварий (сходы вагонов и т. п.).

В целях экономного расходования электроэнергии на движение поездов, следует систематически производить очистку головки рельсов и желобов от песка, грязи, мусора и снега.

В зимнее время необходимо очищать рельсовое полотно и рельсы в течение 2—3 час. после снегопада, не допуская скопления снега на междупутье и образования у путей снежного корыта.

В летнее время нужно производить систематическую смазку рельсов в кривых столько раз в день, сколько это необходимо, чтобы обеспечить постоянное наличие слоя смазки на боковой части головки рельса.

65. НОРМЫ СРОКОВ СЛУЖБЫ И АМОРТИЗАЦИЯ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

Установление срока службы отдельных элементов трамвайных путей зависит от качества материалов, нагрузки, ухода за путями, допускаемого износа и других причин.

Правилами технической эксплоатации трамвая допускаются следующие нормы износа рельсов по высоте: Феникс — 18 мм, Виньоль IIA и IIIA — 10 мм.

Профилографическими измерениями определено, что на прямых участках пути износ рельсов по высоте головки на 1 мм получается при пропуске:

при рельсах Феникс — 4 млн. т нагрузки на одну нитку,

при рельсах Виньоль IIA — 3 млн. т нагрузки на одну нитку,

при рельсах Виньоль IIIA — 2 млн. т нагрузки на на одну нитку.

Отсюда срок службы этих рельсов определяется:

при рельсах Феникс — пропуском 72 млн. т нагрузки,

при рельсах Виньоль IIA — пропуском 30 млн. т нагрузки,

при рельсах Виньоль IIIA — пропуском 20 млн. т нагрузки.

Эти нормы могут изменяться по указанным выше причинам и применяются в каждом отдельном случае на основе профилографических измерений.

Срок службы рельсов выражается пропуском нагрузки в тоннах на одну нитку. Примерные сроки службы рельсов на кривых участках пути приведены в табл. 32.

Таблица 32

Сроки службы рельсов в кривых, определяемые пропуском нагрузки в млн. т

Радиус кривой, м	Рельсы		
	Феникс	Виньоль IIA	Виньоль IIIA
До 20	4	3,5	2
От 20 до 25 . .	6	4	3
„ 25 „ 30 . .	10	7,5	5
„ 30 „ 50 . .	20	15	7,5
„ 50 „ 150 . .	35	26	10
„ 150 „ 400 . .	50	29	12
„ 400 „ 1000 . .	60	32	13

Срок службы стрелок, крестовин и пересечений определяется на основании совмещенного износа всех работающих частей этих узлов с соблюдением своевременного планово-предупредительного ремонта (электронаплавка, прочистка желобов и другие профилактические мероприятия).

По опытным данным сроки службы стрелок, крестовин и пересечений, исходя из пропущенной нагрузки (в млн. т), определяются в зависимости от радиусов кривых, материала и способа изготовления (табл. 33).

Таблица 33

Сроки службы стрелок, крестовин и пересечений, определяемые пропуском нагрузки в млн. т

Тип стрелок, крестовин и пересечений	При радиусе кривой, м			Прямые пересечения и крестовины
	до 25	от 25 до 30	от 31 до 50	
Литые из марганцовистой стали . . .	18	30	60	75
Сварные из рельсов:				
Феникс	6	10	20	25
Виньоль IIA .	4	7,5	15	20
Виньоль IIIA .	3	5	7,5	10
Сборные из рельсов:				
Феникс	5	8	16	20
Виньоль IIA .	3	6	10	15
Виньоль IIIA .	2,5	4	6	6

По опытным данным срок службы в зависимости от типа шпал, балласта и верхнего покрытия пути принимается согласно табл. 34.

Таблица 34

Сроки службы шпал, определяемые пропуском нагрузки в млн. т

Тип оснований	Сосновые шпалы		Еловые шпалы		Дубковые и буковые шпалы
	пропитанные	непропитанные	пропитанные	непропитанные	
Шпально-песчаное при замощенных путях	15	10	13	8	15
Шпально-песчаное при открытых путях	12	8	10	6	12
Шпально-щебеночное при замощенных путях	30	20	—	—	30
Шпально-щебеночное при открытых путях	24	16	—	—	24

Примечание. При шпально-щебеночных основаниях шпалы должны быть сменены без замены балласта один раз.

Амортизационные отчисления на путевые сооружения установлены приказом Наркомхоза РСФСР № 167 от 25/III 1939 г.

Норма амортизации пути установлена от 7 до 9% первоначальной стоимости 1 км пути.

66. НОМЕНКЛАТУРА РАБОТ, ПРОВОДИМЫХ ПРИ ОСМОТРЕ ПУТИ

Внешним осмотром проверяются:

1. Общее состояние пути.
2. Чистота и исправность водоотводов.
3. Состояние стыков.
4. Состояние мостовых.
5. Чистота желобов (особенно на кривых и в узлах).
6. Состояние стрелок и крестовин.

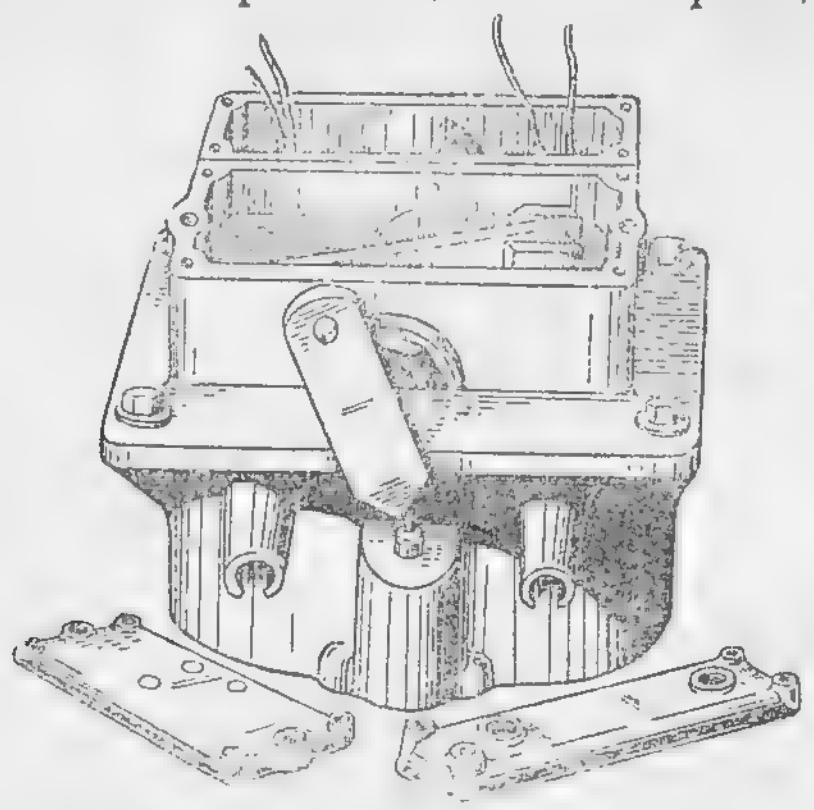
Проверяется с замерами и с помощью рабочего инструмента:

1. Ширина колеи.
2. Превышение одной нитки рельса (внутреннего) над другой.
3. Ширина жолоба при контррельсах на кривых и превышение его над основным рельсом.
4. Плотность подбивки пути (при проходе вагонов).
5. Состояние стыков (отсутствие выступов рабочего канта, плотность сбалчивания, отсутствие трещин и разрывов в сваренных стыках).
6. Отсутствие перекосов пути.
7. Правильность рихтовки.
8. Допустимость износа отдельных элементов (рельсов, шпал, накладок, костылей и т. п.).
9. Плотность подгонки перьев стрелок.
10. Плотность скрепления крестовин и стрелок.
11. Отсутствие выбоин в центре крестовин.

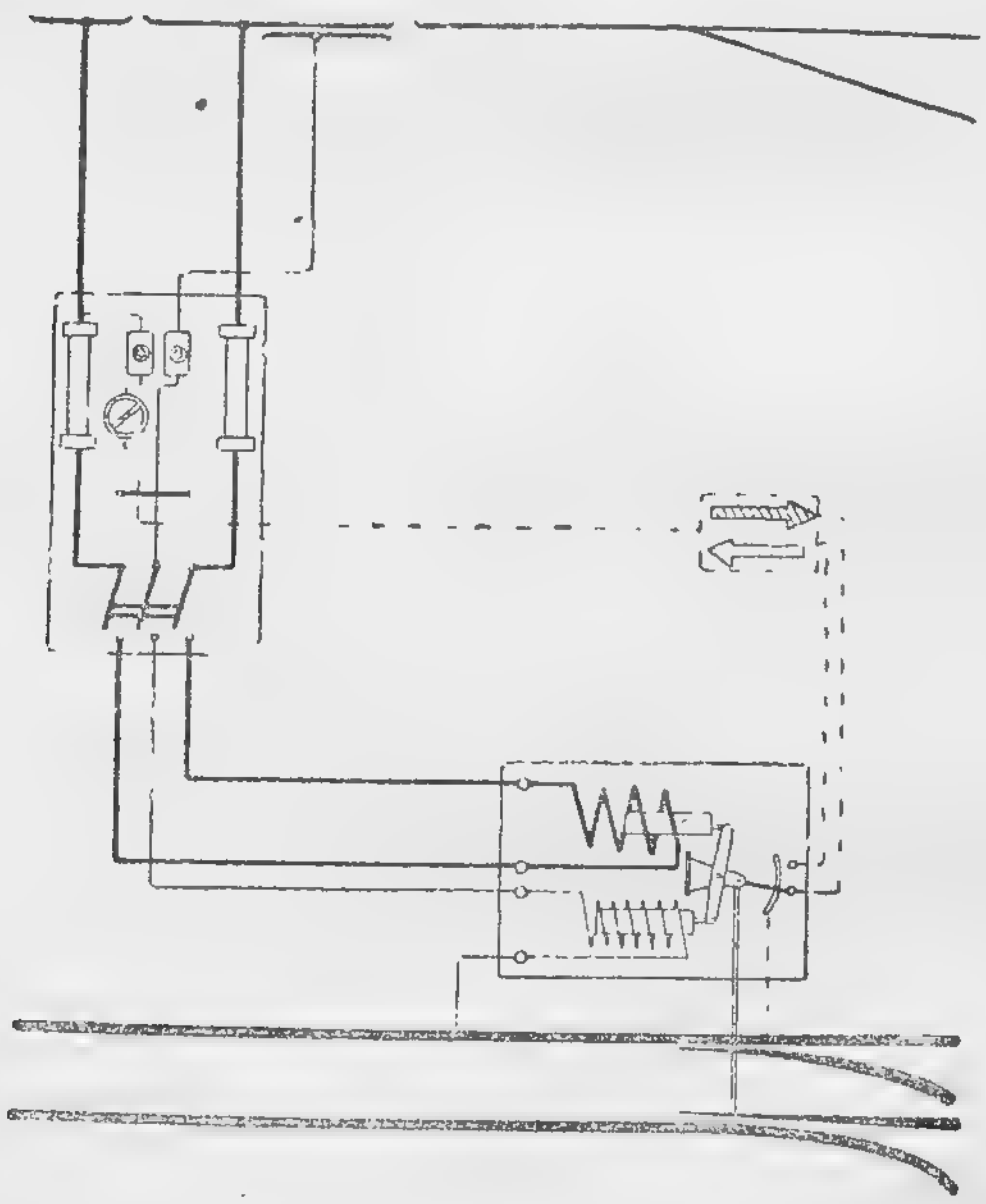
67. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ СТРЕЛКИ

Механизация стрелок трамвайного пути имеет большое значение для обеспечения безопасности и безаварийности работы трамвая, а также является выгодной экономически, так как позволяет сократить штат обслуживающего персонала.

Механизация осуществляется устройством автоматических стрелок или централизацией их перевода.



Фиг. 46. Механизм перевода автоматической стрелки.

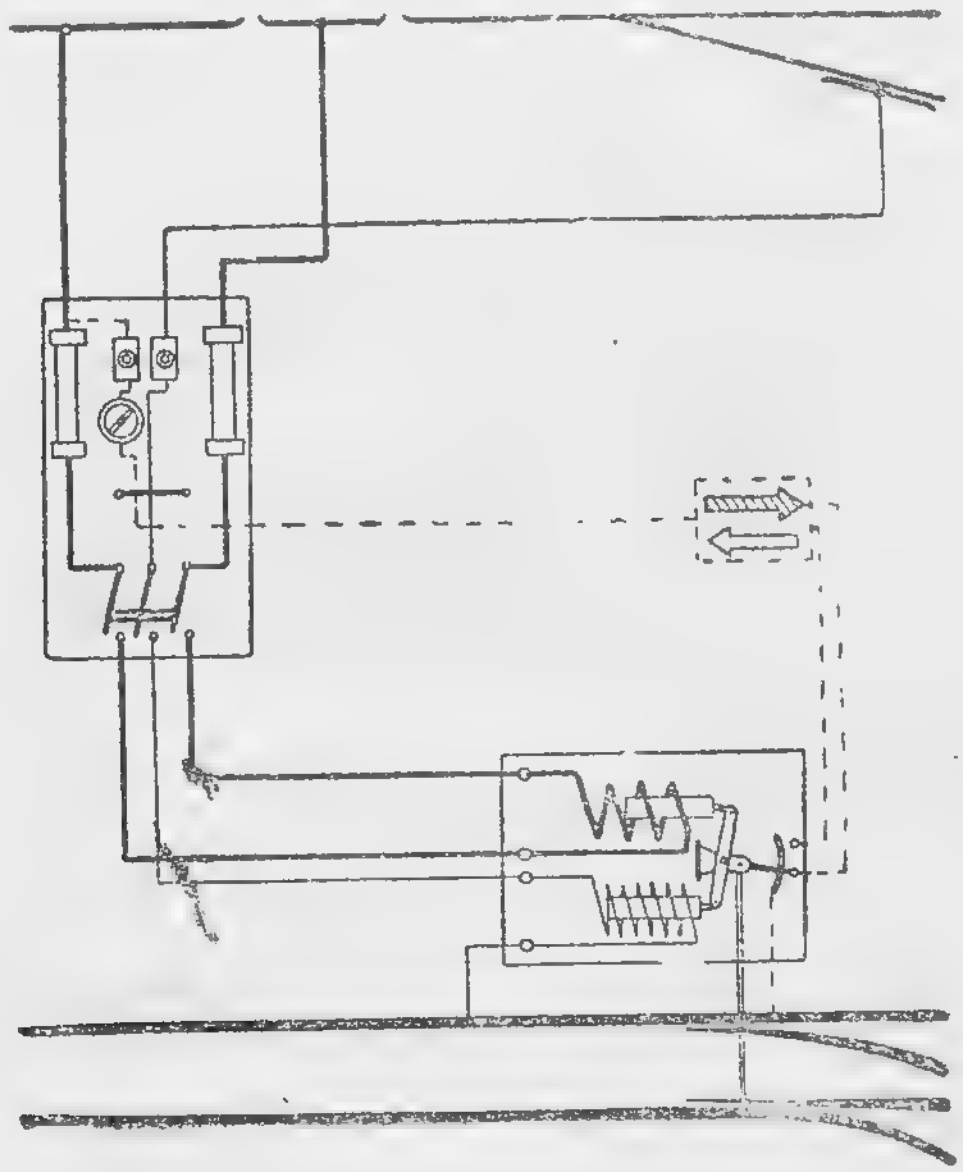


Фиг. 47. Объединенная схема включения автоматической стрелки.

Автоматические стрелки применяются в тех случаях, когда не требуется специального регулирования пропуска

по ним вагонов, а также, если расстояние между двумя стрелками больше 30 м и они расположены на уклоне или подъеме меньше 0,03.

В остальных случаях устраиваются стрелки с механизированным переводом, который осуществляется вагоновожатым из вагона.



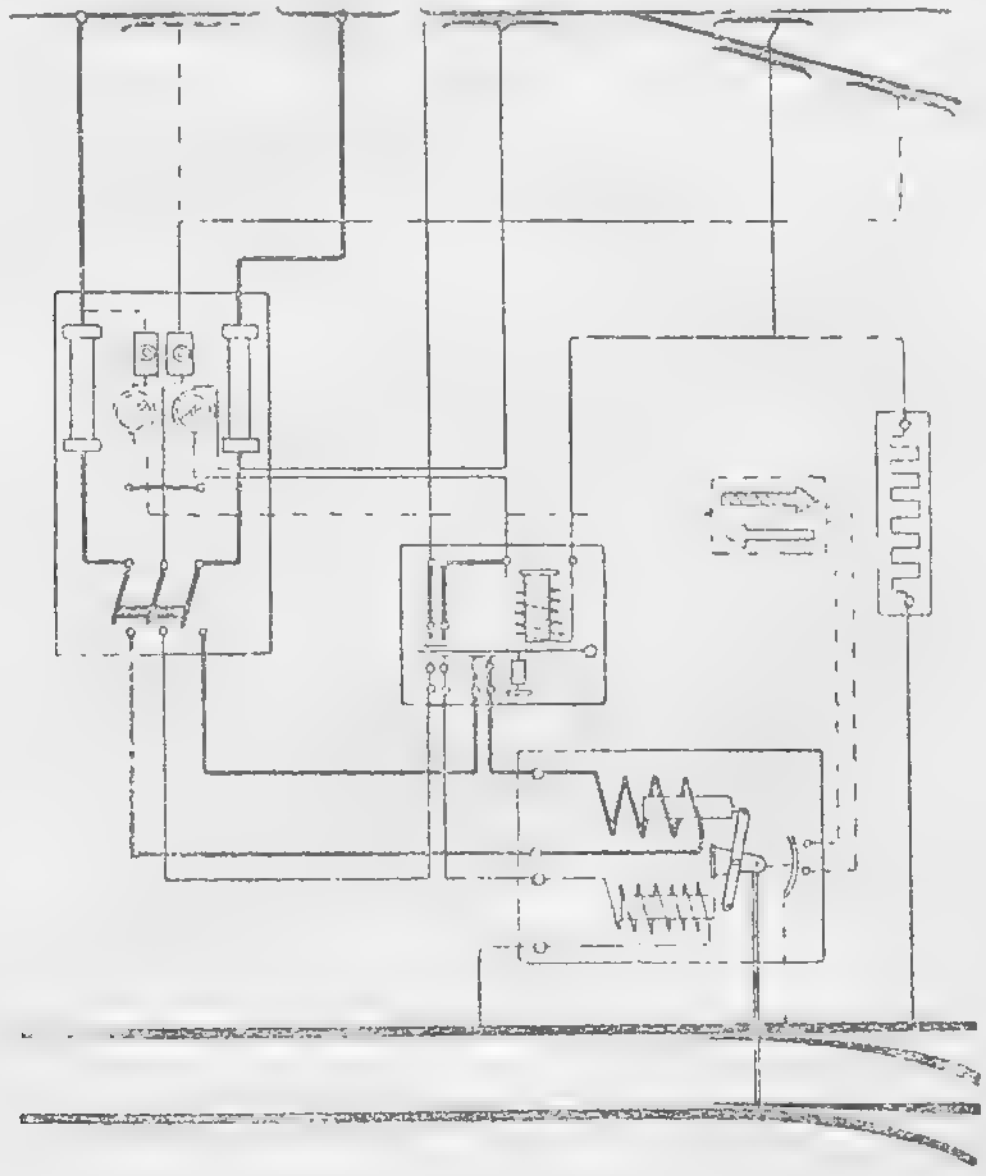
Фиг. 48. Раздельная схема включения автоматической стрелки.

Механизм перевода автоматической стрелки (фиг. 46) состоит из чугунного кожуха с двумя электромагнитными катушками (соленоидами) — одной сериесной, другой шунтовой. Рядом с контактным проводом подвешиваются два подвеса — сериесный и шунтовой. Существуют две схемы подвесок: объединенная (фиг. 47) и раздельная (фиг. 48).

При объединенной подвеске шунтовой и сериесный подвесы устанавливаются рядом перед стрелкой на расстоянии 20—25 м. При раздельной подвеске сериесный подвес устанавливается перед стрелкой, а шунтовой — после стрелки. При проходе моторного вагона под подвесами через катушки соленоидов ток проходит в зависимости от того, проезжает ли вагон под подвесом с вклю-

ченным или выключенным мотором, работает одна или другая катушка. Сердечники соленоидов соединены со стрелочной тягой, переводящей перья стрелки.

Для предупреждения неправильного перевода автоматических стрелок (позади идущий поезд, проходя под подвесом, переводит стрелку в то время, как впереди идущий



Фиг. 49. Схема блокировки автоматической стрелки.

поезд еще не прошел ее), вызывающего сход вагона с рельсов и даже аварии, устраивается автоматическая блокировка, выключающая цепь катушек стрелочного привода до окончательного прохода стрелки поездом. Блокировка состоит из трех контактов: один устанавливается перед стрелкой (после подвеса) и два — после стрелки на обоих направлениях пути и блок-реле (фиг. 49).

При централизации механизированного перевода стрелок с одного места переводятся две и более стрелок.

Централизованное управление стрелками устраивается на узлах, при чем будка управления должна быть установлена так, чтобы были видны все стрелки и номера проходящих по ним маршрутов.

Раздел IV

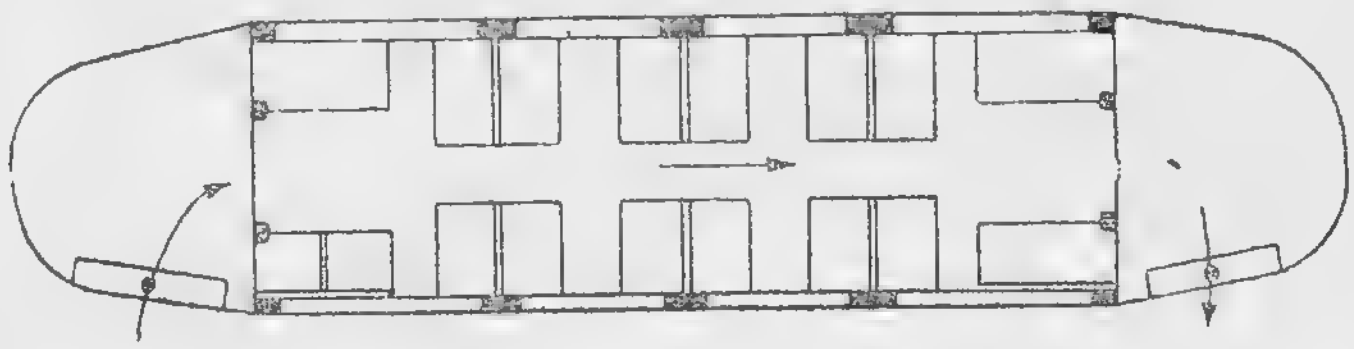
ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

68. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПО ТИПАМ

Подвижной состав трамвая по назначению делится на: а) пассажирские вагоны, б) грузовые вагоны и электровозы, в) специальные вагоны: снегоочистители, вагоны-цистерны, вагоны для смазки кривых, вагоны с подъемным краном, вагоны-вышки и др.

По оборудованию вагоны делятся на моторные и прицепные.

Пассажирские вагоны по типу кузова различаются устройством входных и выходных дверей, конструкцией площадок, планировкой мест для сиденья.



Фиг. 50. План вагона с поперечными сиденьями.

На фиг. 50 показан план распространенного в СССР типа пассажирского вагона. Посадка пассажиров производится обычно через заднюю площадку, выход — через переднюю.

По расположению мест для сиденья пассажирские вагоны разделяются на вагоны с поперечными диванами (фиг. 50) и вагоны с продольными диванами (фиг. 51). Поперечные диваны удобнее для пассажиров, чем продольные, однако проход при них уже и в переполненных вагонах передвижение пассажиров внутри кузова затруднительно. Поэтому в ряде конструкций вагонов применяется смешанное расположение диванов с размещением продоль-

ных сидений со стороны выхода, что облегчает высадку пассажиров (например, в модернизированных двуосных вагонах типа 1946 г.).

По типу ходовых частей трамвайные вагоны разделяются на двухосные и четырехосные, тележечные и безтележечные.

Моторные вагоны старой конструкции имеют двухстороннее управление. Приборы управления устанавливаются на обеих площадках.

Фиг. 51. План вагона с продольными сиденьями.

В современных вагонах пост управления оборудуется на одной площадке (односторонние вагоны). Эти вагоны имеют следующие преимущества:

а) облегчение веса;

б) уменьшение числа приборов управления;

в) сокращение длины кабелей, подводимых от двигателей и реостатов к контроллерам;

г) уменьшение эксплоатационных расходов;

д) увеличение числа мест для сиденья.

Недостатком односторонних вагонов является необходимость кантовки тележек (или колесных пар) для достижения равномерного износа бандажей.

69. РАЗМЕРЫ ВАГОНОВ

Основные размеры пассажирских вагонов приведены в табл. 35, 36 и на фиг. 52.

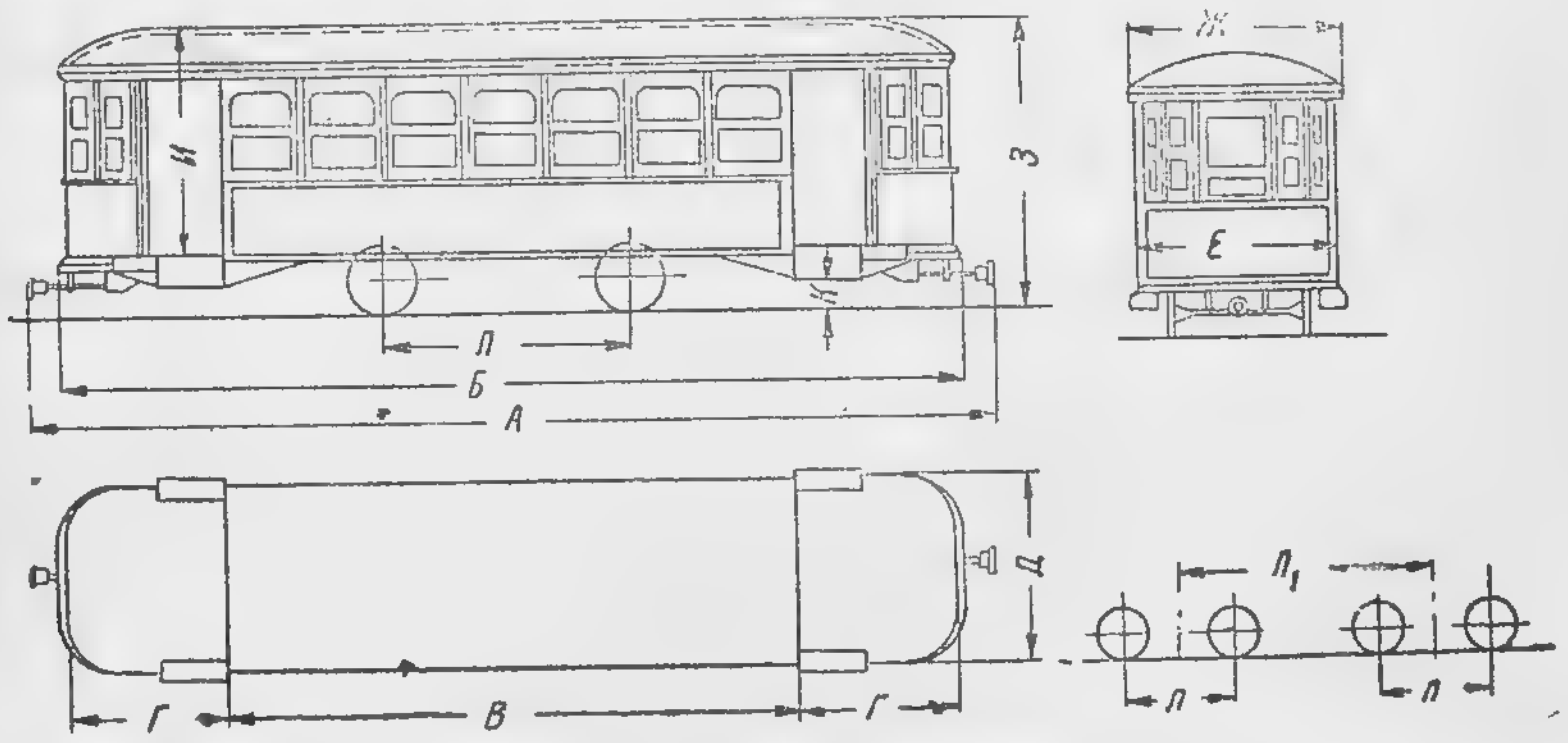
В табл. 37 указаны размеры специального подвижного состава, а на фиг. 53 — габариты трамвайного вагона и приближения строений.

70. КОНСТРУКЦИЯ КУЗОВА

Основанием кузова служит рама, воспринимающая нагрузку веса кузова и усилий от тяговых приборов. В вагонах старых конструкций рама кузова деревянная, в совре-

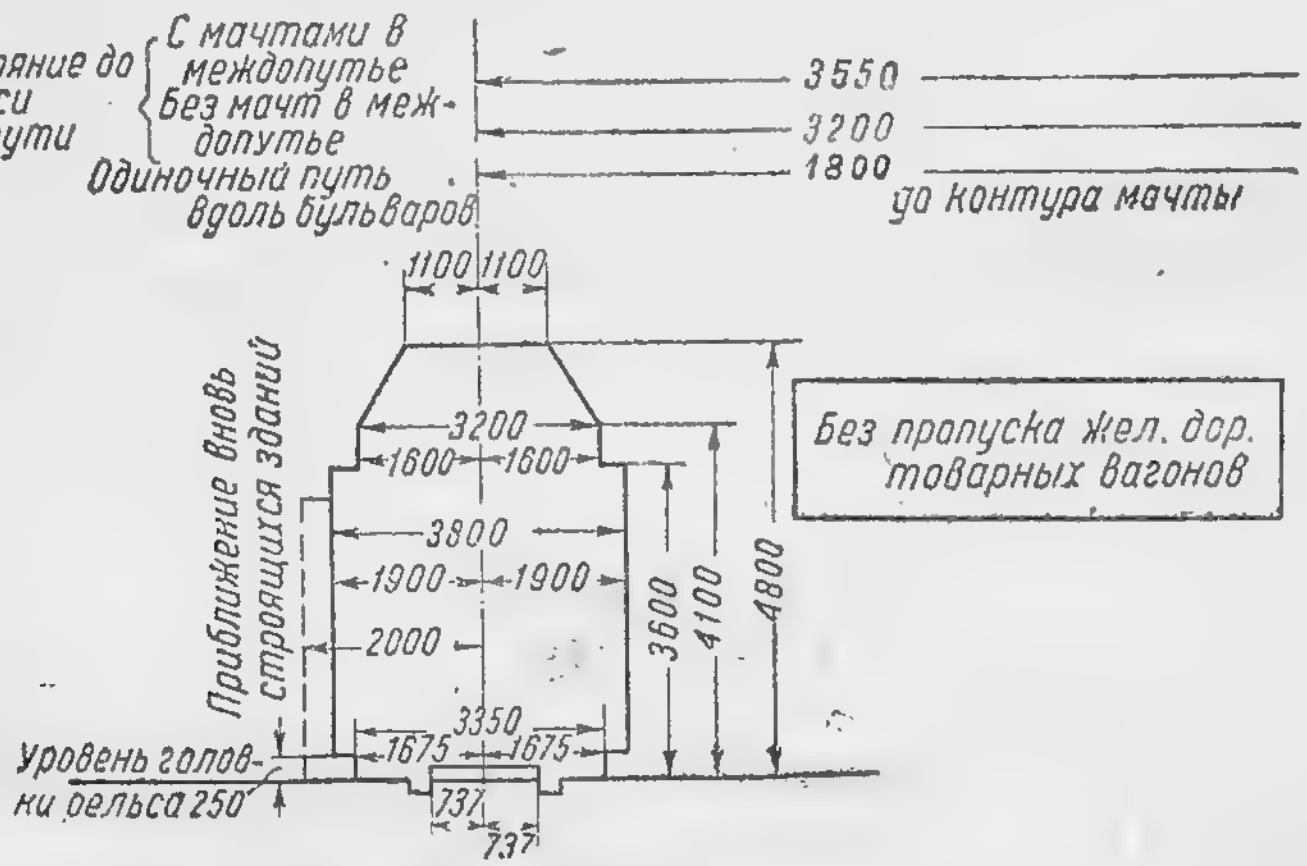
менных вагонах — металлическая, из швеллеров или углового железа.

Основными частями рамы кузова двухосного вагона являются: а) продольные и поперечные концевые балки; б) продольные и поперечные промежуточные балки.



Фиг. 52. Габариты вагона.

К внешним продольным балкам приклепываются или привариваются рамы площадок.



Фиг. 53. Габариты вагона.

Рама четырехосного вагона имеет шкворневые балки. На них укрепляются шкворневые пятники и скользуны. Рамы прицепных вагонов снабжаются диагональными раскосами, скрепляемыми с основными балками рамы.

Таблица 35

Габаритные размеры моторных вагонов

Тип вагона	Параметры											Диаметр колеса по кругу катания, мм	Вес вагона, приходящийся на 1 м² площади пола, кг	Площадь пола кузова, м²	Число мест для сиденья	Тара вагона, т	Давление на 1 мм диаметра бандажа, кг/мм
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	$\frac{Л}{Л_1}$						
Ленинградского трамвая																	
Двухосный со стальным кузовом Кировского завода	10 345	9 839	6 085	1 757	2 450	2 198	2 320	3 260	2 395	320	2 700	760	1 020	12,3	24	12,56	6,4
То же Мытищенского завода	10 270	9 725	6 065	1 750	—	2 400	2 430	3 221	2 350	370	2 700	760	875	13,9	24	12,175	6,5
Двухосный с деревянным кузовом на тележке	10 270	9 785	6 055	1 715	—	2 230	2 300	3 370	—	320	3 000	850	1 080	12,5	24	13,58	6,05
Двухосный с двигателем ВКЭ и „Динамо“	10 270	9 770	6 065	1 750	2 290	2 230	2 300	3 440	—	320	3 000	850	1 080	12,5	24	13,58	6,05
Двухосный на свободных осях ВАРЗа	10 270	9 770	6 065	1 750	2 290	2 230	2 300	3 390	2 390	320	3 000	850	1 035	12,5	24	12,98	5,9
Четырехосный с деревянным кузовом ВАРЗа выпуска 1933 г.	15 730	15 000	10 900	2 050	2 550	2 555	2 555	3 310	2 305	340	$\frac{1\,800}{7\,500}$	760	800	27,8	50	22,2	6,2
То же со стальным кузовом	15 400	15 000	11 250	1 875	2 550	2 560	2 560	3 285	2 300	380	$\frac{1\,800}{7\,700}$	760	770	—	44	21,5	6,0
Московского трамвая																	
Двухосный с деревянным кузовом, фонарный на тележках Беккера	11 000	10 100	6 600	1 750	2 140	2 140	2 200	3 424	2 346	385	3 600	880	1 180	12,3	26	14,5	6,1
То же без фонаря	11 000	10 100	6 600	1 750	2 140	2 140	2 200	3 424	2 346	385	3 600	880	1 310	12,5	26	16,4	6,6
Четырехосный Коломенского завода выпуска 1928 г.	13 370	12 550	9 100	1 725	2 140	2 140	2 200	3 370	2 331	410	$\frac{1\,750}{6\,000}$	760	1 230	17,3	38	21,3	5,1
Четырехосный Мытищенского завода выпуска 1938 г.	15 240	—	—	—	—	—	2 550	3 205	—	386	$\frac{1\,800}{7\,600}$	780	840	27,0	52	22,6	6,05
Прочие																	
Двухосный с узким кузовом Мытищенского завода	9 880	9 38[illegible]	6 065	1 750	2 240	2 240	2 260	3 211	2 320	370	2 800	850	1 040	13,0	26	13,5	6,1
То же с широким кузовом, серии X	10 270	9 725	6 065	1 750	—	2 400	2 462	3 271	2 350	400	2 700	850	970	13,9	32	13,5	6,2
Двухосный с деревянным кузовом, выпуска 1930 г. киевского трамвая	10 350	10 074	6 040	2 017	2 330	2 330	2 330	3 530	2 250	400	3 200	880	965	14,0	26	13,5	6,05
Четырехосный Пульмановский Нюрнбергского завода, киевского трамвая	15 990	15 590	11 390	2 100	—	2 250	—	3 530	2 380	270	$\frac{1\,600}{7\,500}$	790	825	26,6	36	22,0	5,5
Двухосный, бестележечный выпуска 1933 г., киевского трамвая	11 400	11 000	6 800	2 100	—	2 600	—	3 210	2 270	400	$\frac{3\,400}{1\,820}$	780	730	17,2	35	12,5	6,9

9 Зак. 1864.

Габаритные размеры прицепных вагонов

Таблица 36

Тип вагона	Параметры											Диаметр колеса по кругу катания, мм	Общая площадь пола, м²		Вес вагона, приходящийся на 1 м² площади пола, кг	Число мест для сидения	Тара вагона, т	Давление на 1 мм диаметра бандажа, кг/мм
	А	Б	В	$\frac{Г}{Г_1}$	Д	Е	Ж	З	И	К	$\frac{Л}{Л_1}$		кузова	двух площадок				
Ленинградского трамвая																		
Двухосный со стальным кузовом Кировского завода (на свободных осях)	9 839	9 164	6 085	1 410	2 293	2 210	2 378	3 150	2 390	320	2 700	720	12,3	5,6	440	24	7,9	5,1
То же открытого типа	10 400	9 720	7 100	1 250	—	2 442	2 510	3 203	2 395	320	3 000	720	15,6	5,4	386	24	7,9	5,6
Двухосный с деревянным кузовом на тележках Менцеля	10 270	9 770	6 055	1 745	—	2 230	2 330	3 300	2 390	320	3 200	720	14,2	6,5	415	24	8,6	5,8
То же на нюрнбергских тележках	9 575	9 075	6 055	1 395	—	2 230	2 290	3 290	2 395	320	3 200	720	12,1	5,5	520	24	9,24	5,6
То же на свободных осях второй очереди	10 285	9 785	6 055	1 715	2 290	2 230	2 310	3 440	2 395	320	3 000	850	14,2	6,4	400	24	8,2	4,75
То же, переделанный из вагонов Кировского завода	8 960	8 460	5 280	1 490	—	2 140	2 210	3 380	2 395	320	2 750	720	11,0	5,5	445	24	7,38	4,8
То же завода Бреш	9 575	9 075	6 055	1 395	2 250	2 230	2 290	3 290	2 395	320	3 000	720	12,2	5,6	480	24	8,5	5,2
Четырехосный с деревянным кузовом ВАРЗа	15 730	15 000	10 900	2 050	2 550	2 555	2 555	3 310	2 305	340	$\frac{1\,800}{7\,500}$	760	—	—	530	53	16,2	4,6
То же со стальным кузовом	15 400	15 000	11 250	1 875	2 550	2 560	2 560	3 285	2 300	380	$\frac{1\,800}{7\,700}$	760	—	—	505	44	15,5	4,5
Московского трамвая																		
Двухосный со стальным кузовом СВАРЗа на свободных осях, серии С	10 700	10 100	6 600	1 750	—	2 258	2 350	3 256	2 352	371	3 600	760	12,5	5,6	385	20	7,0	4,6
Двухосный с деревянным кузовом на нюрнбергских тележках	10 700	10 100	6 600	1 750	—	2 140	2 240	3 250	2 280	360	3 600	880	13,3	6,6	450	26	9,0	4,7
Четырехосный со средним входом Коломенского завода, выпуска 1929 г.	13 250	12 600	9 200	1 700	—	2 140	2 240	3 228	2 050	305	$\frac{1\,750}{5\,950}$	650	16,0	4,6	680	38	14,0	4,2
Прочие																		
Двухосный бестележечный Мытищинского завода	11 385	10 480	7 680	1 400	—	2 260	—	3 254	2 400	320	3 200	680	16 0	4,8	370	32	7,7	5,8
То же, серии М	10 550	9 950	6 300	1 750	—	2 258	2 350	3 256	2 407	365	3 400	760	12,6	7,4	410	20	8,2	5,3
Двухосный с деревянным кузовом на свободных осях киевского трамвая	10 560	9 860	6 040	1 770	2 440	2 350	—	3 200	2 460	385	3 200	680	12,2	7,08	415	26	8,0	5,5

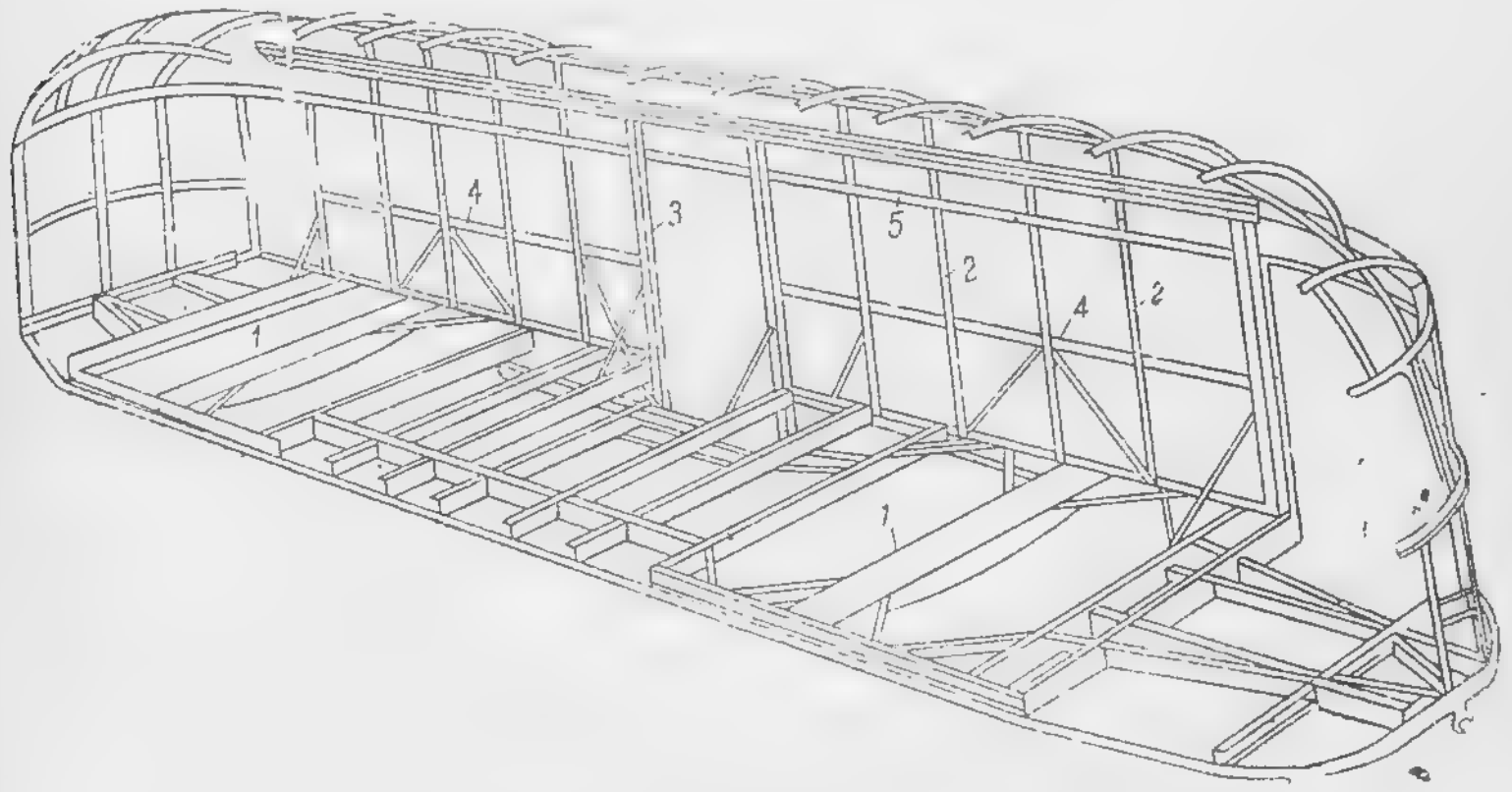
Таблица 37

Габаритные размеры и данные специального подвижного состава

Тип подвижного состава	Длина, м		Ширина кузова (наружная), м	Высота кузова, м	База, м	Грузоподъемность вагона, т	Грузоподъемность крана, т	Тара, т	Ориентировочная стоимость, руб.	Отношение тары к грузоподъемности	Число осей	Диаметр колеса, мм	Нагрузка на ось, т
	с буферами	без буферов											
Электровоз промышленного типа	6,57	5,4	2,23	3,35	2,5	—	—	15[1]/25	50 000	—	2	1 050	12,5
Моторная платформа .	11,04	10,4	2,07	3,27	2,7	10	—	9,0	30 000	0,9	2	850	9,5
Моторная платформа с краном московского трамвая	8,84	8,2	2,12	3,595	2,8	8	1,5	9,5	35 000	1,2	2	880	8,75
Прицепная платформа Мытищинского завода .	7,96	7,28	2,1	1,795	2,5	8,5	—	6,0	6 000	0,7	2	850	7,25
Снегоочиститель барабанного типа завода „Красный Путиловец“ .	9,01	—	2,14	3,403	2,38	—	—	10,0	50 000	—	2	850	5,0

[1] 25 т — вес электровоза с балластом.

В некоторых конструкциях для усиления продольных балок рамы кузова применяется ферма «Полонсо». Она состоит из продольных железных листов толщиной 3—4 мм, приклепанных или приваренных по всей длине к продольным балкам рамы и кузовным стойкам на высоту от пола до подоконника. Продольные балки в этом случае изготовляются из углового железа. К раме кузова прикрепляется каркас, состоящий из стоек. На фиг. 54 показана рама кузова четырехосного вагона с металлическим каркасом.



Фиг. 54. Остов металлического кузова:
1— шкворневые балки рамы кузова; *2*— оконные стойки; *3*— стойки дверных проемов *4*— подоконный обвязочный пояс; *5*— надоконный обвязочный пояс.

Деревянный каркас состоит из дубовых (угловых и промежуточных) оконных стоек, врезанных на шипах в подполовой брус или укрепленных на болтах к коротким вертикальным отрезкам швеллера или уголкам, приваренным к продольным балкам рамы кузова (конструкция ленинградского трамвая).

Остов металлического кузова выполняется из стоек обычно таврового сечения железных или из легких сплавов.

Площадкам придается округленное, трапецоидальное или многоугольное очертание.

Стены кузова делаются двойными: наружная часть изготовляется из обшивочного железа толщиной $1{,}5 \div 2$ мм, внутренняя из деревянной обшивки, служащей одновременно отделкой и утеплением вагона.

Наружная железная обшивка металлического кузова обычно клепаная или сварная; на деревянном кузове листы обшивки прикрепляются шурупами.

Каркас крыши на деревянных вагонах — деревянный, а на металлических состоит из дуг углового железа, к которым прикрепляются деревянные дуги. К последним крепится наружная обшивка крыши и внутренняя потолочная фанера.

Обшивка крыши кузова изготовляется из сухих шпунтованных досок толщиной 13 мм и шириной 100 мм.

Крыша покрывается двумя слоями брезентового полотна или рубероидом.

Пол кузова делается из шпунтованных сухих досок толщиной 25 мм, которые укладываются на балки рамы вдоль вагона, а на площадках — поперек вагона и укрепляются болтами и поперечными железными планками, врезанными в пол заподлицо. К дощатому полу привинчиваются деревянные планки мата. В вагонах новейших конструкций деревянные полы заменяются ксилолитовыми или флексолитовыми.

Состав ксилолита

магнезит	22 % (по объему)
опилки древесные	40 %
раствор хлористого магния (20° по Боме)	33 %
тальк	2 %
краска	3 %

Ксилолитовый пол не подвергается гниению, безопасен в пожарном отношении, легко моется, дезинфицируется и ремонтируется.

Остов площадки состоит из: а) нижнего подоконного перонного листа, армированного вверху и внизу угловым железом и усиленного посредине и по краям вертикальными угольниками; б) светового каркаса для окон; в) козырька крыши.

Окна в вагонах делаются опускными или подъемными.

В новых вагонах окна выполняются в виде легких металлических рамок с подъемным или опускным механизмом, как в автомобилях или автобусах.

В вагонах новейших конструкций для окон применяются стекла без рам толщиной 7—8 мм с приспособлением для подъема и опускания.

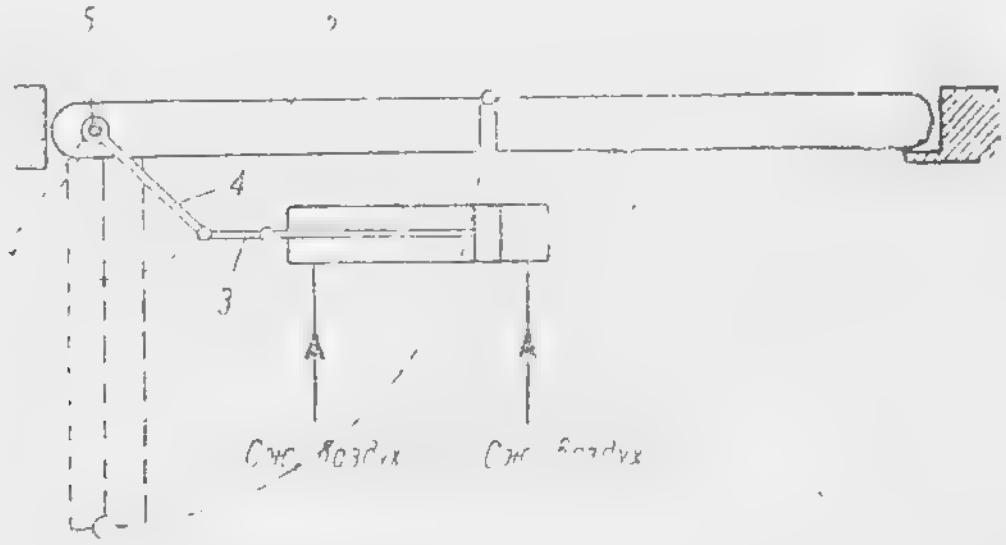
Торцовые двери салона выполняются задвижными и подвешиваются на роликах, движущихся над дверью по рельсу в верхней части поперечной стены кузова. В настоящее время от устройства торцовых дверей отказываются.

Двери на площадках бывают ширмовые, створчатые или задвижные, открываемые вручную или пневматическим приводом.

Пневматический дверной привод состоит из воздушных цилиндров *1* с поршнями (фиг. 55), штоки которых поводками *3*, *4* соединены с пятниками *5* дверных створок *2*.

К полу вагона прикрепляются мягкие, полумягкие или жесткие диваны.

Жесткие диваны изготовляются из дубовых реек, укрепляемых на железные планки.



Фиг. 55. Схема пневматического дверного привода.

Полумягкие диваны выполняются из деревянных рам, прикрепляемых к металлическому каркасу со стойками. Сиденье и стенка обтягиваются дерматином, под который подкладывается слой конского волоса.

Мягкие диваны имеют металлический каркас.

На нем укрепляются витые пружины из стальной оцинкованной или омедненной проволоки.

Пружины увязываются, перекрываются толстым холстом и волосом и обтягиваются дерматином или кожей. В последние годы для мягких диванов вместо пружин применяют губчатую резину, которая сверху обивается кожей, дерматином, плюшем или декоративной тканью.

71. РЕМОНТ КУЗОВА

Кузов вагона после определенного пробега требует ремонта.

При повреждении рамы (погнутость или просадка балок) производится правка балок при помощи бутылочных домкратов; выправляемые места предварительно подогреваются жаровней с углем.

При просадке площадочных балок до 20 мм их можно выправлять без расклепки.

Замена стоек деревянного кузова производится при стреле прогиба стойки от 20 мм.

Металлические стойки со стрелой прогиба 10—15 мм нагреваются паяльными лампами и выправляются на месте ударами кувалды.

Ремонт крыши производится при повреждении обшивки, брезента или рубероида.

Прогнившие, покоробленные или рассохшиеся доски заменяются новыми. Доски для обшивки должны быть сухие сосновые или еловые толщиной 13 мм шириной 100 мм.

Доски для настила пола должны быть сосновые или дубовые толщиной 25 мм и шириной 150 мм.

Наружная обшивка кузова и лобовые щитки площадок при незначительных вмятинах, глубиной до 100 мм и площадью 150 ÷ 200 см², выправляются на месте ударами кувалды. При больших вмятинах железная обшивка снимается и выправляется на плите или вальцовочном станке. Надрывы и трещины завариваются. Проржавленные обшивочные листы заменяются новыми толщиной не меньше 1,5 мм. Лист «Полонсо» снимается только в том случае, если его не удается выправить на месте.

После выправки или замены обшивки вагон заново перекрашивается.

Рассохшиеся двери и окна переклеиваются, перечищаются и лакируются заново.

Деревянные диваны перечищаются и лакируются.

Мягкие диваны ремонтируются. Негодные пружины и обивка заменяются новыми.

При большом периодическом ремонте кузова все деревянные части внутри кузова лакируются, а металлические — хромируются или никелируются.

При приемке новых вагонов или вагонов из капитального ремонта разрешаются следующие допуски:

1) в длине всего вагона ±15 мм;

2) в ширине кузова ±10 мм;

3) в расстоянии от головки рельсов до центра головки буфера ±10 мм;

4) прогиб подплощадочных балок в вертикальной плоскости —10 мм;

5) отклонение от прямой для продольной балки рамы кузова ±5 мм;

6) несовпадение оси кузова с осями площадок не более 3 мм.

Таблица 38

График простоя вагонов при полной окраске кузова

№ п/п.	Наименование операций	Простои вагона											
		1-й день	2-й день	3-й день	4-й день	5-й день	6-й день	7-й день	8-й день	9-й день	10-й день	11-й день	12-й день
1	Удаление старой краски												
2	Расчистка куском пемзы с водой до полного удаления старой краски, промывка уайт-спиритом; промывка водой и протирка ветошью, подсушка												
3	Грунтовка сплошная один раз												
4	Подмазка по завалам, в стыках, по заклепкам												
5	Зачистка подмазки пемзой с водой с последующей сушкой. Подмазка сплошная первый раз												
6	Зачистка первой сплошной подмазки куском сухой пемзы. Шпаклевка жидкая кистью												
7	Подмазка сплошная второй раз												
8	Шлифовка куском пемзы с водой. Промывка водой и протирка ветошью. Очистка поверхности сухой кистью и окраска первый раз												
9	Правка лаковой подмазкой												
10	Зачистка вытравленных мест шкуркой												
11	Окраска второй раз												
12	Зачистка шкуркой и удаление пыли кистью. Окраска фиксолью первый раз												
13	Шлифовка порошком пемзы с водой. Протирка замшей. Окраска фиксолью второй раз . .												
14	Шлифовка порошком пемзы с водой. Промывка и протирка замшей. Чернение и лакировка												

Номенклатура ремонтных работ при различных видах плановых ремонтов приведена ниже в п. 118.

72. ОКРАСКА И ПРОМЫВКА ВАГОНОВ

Для предохранения металлических частей кузова и тележки от коррозии и деревянных частей от гниения кузов вагона окрашивается внутри и снаружи.

Таблица 39

График простоя вагонов при малой окраске кузова

№ п/п.	Наименование операций	Простои вагона						
		1-й день	2-й день	3-й день	4-й день	5-й день	6-й день	7-й день
1	Промывка водой, расчистка и грунтовка местами							
2	Подмазка местами							
3	Зачистка по первой подмазке. Подмазка местами второй раз .							
4	Зачистка второго слоя подмазки пемзой с водой .							
5	Грунтовка сплошная под колер							
6	Зачистка шкуркой и окраска фиксолью один раз							
7	Шлифовка по фиксоли порошком пемзы с водой и протирка замшей. Окраска штабиков, поясов (чертеж)							
8	Нанесение гербов, номеров и надписей. Лакировка							

Деревянная мебель и раскладка полируются и лакируются.

На производство всех операций по окраске кузова

обычными масляными красителями требуется простой вагона от 10 до 12 дней (табл. 38 и 39).

При окраске нитроцеллюлозными красками или при применении искусственной сушки простой вагона значительно сокращается. Применение различных видов красителей для отдельных окрасочных процессов приведено в табл. 40.

Таблица 40

Применение лакокрасочных материалов при окраске подвижного состава

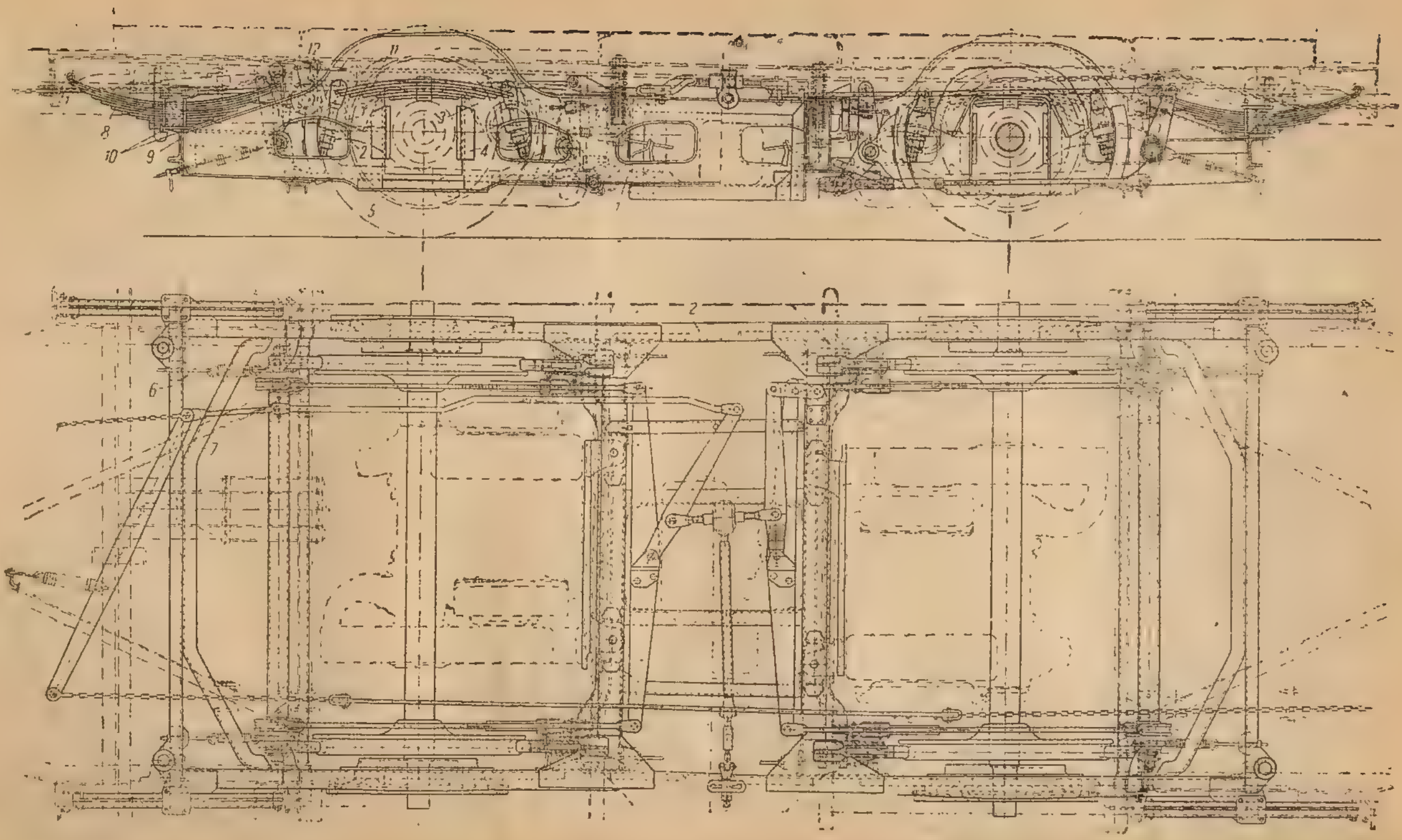
№ п/п.	Наименование операций	Применяемый лакокрасочный материал
1	Грунтовка внешней обшивки кузова	Масляная краска
2	Окраска внутренней отделки и мебели кузова	Масляная краска
3	Окраска внешней обшивки кузова	Масляная и фиксолевая краски
4	Окраска крыши вагона	Битумная мастика и масляная краска
5	Окраска ходовых частей вагона и тележек	Масляная краска
6	Окраска потолков	Масляная и лаковая краска
7	Лакировка диванов	Масляный лак
8	Окраска пола	Масляная краска
9	Окраска стен внутри кузова	Масляная и лаковая краски
10	Окраска панелей внутри кузова	Масляная и лаковая краски

Малярная промывка кузова. Наружная поверхность кузова смазывается кистью, смоченной 1—2% раствором щавелевой кислоты, которая оставляется на кузове в течение 0,5 ÷ 1 мин., после чего он промывается водой концами или тряпками.

Для защиты рук и одежды от щавелевой кислоты применяются резиновые перчатки и фартуки.

Для содержания вагона в чистоте кузов снаружи моют. При ручном мытье расход воды на один двухосный вагон составляет 40 ÷ 50 л, при механизированном —150 ÷ 200 л.

Внутренняя часть кузова дезинфицируется 0,2 ÷ 0,3% раствором сулемы или 0,3 ÷ 0,4% раствором формалина.



Фиг. 55. Тележка с жесткой базой.

Основным параметром, определяющим тележку с точки зрения вписывания ее в кривые, служит база B.

Тележки бывают следующих типов: а) с жесткой базой, б) поворотные, в) с поперечным перемещением осей.

Наиболее распространена тележка с жесткой базой (фиг. 56).

Рама тележки состоит из штампованных или сваренных боковин *1* (толщина листа боковины 10 мм), соединенных с концевыми *2* и средними *3* поперечными балками из швеллеров (№№ 12 ÷ 18).

Тяговые моторы подвешиваются на траверсах к кронштейнам, укрепленным на средних поперечных балках. В местах букс боковины имеют вырезы *4*.

Монтажный зазор между буксой и челюстями тележки составляет 7 мм (по 3,5 мм на сторону).

К боковинам на кронштейнах прикрепляются четыре надбуксовые рессоры *5*, а на концевых поперечных балках — четыре кузовные рессоры *6*.

Тормозная система расположена на тележке.

Для удовлетворительного вписывания тележки с жесткой базой в кривые необходимо, чтобы

$$B : R = 1 : 5,$$

где: B — база вагона в м,

R — радиус кривой в м.

База на существующих тележках составляет 2700 ÷ 3200 мм.

Кроме того, для спокойного хода вагона на больших скоростях необходимо, чтобы отношение базы B к длине вагона L было не менее 1 : 3,5, т. е.:

$$\frac{B}{L} \leqslant \frac{1}{3,5}.$$

При несоблюдении этого соотношения кузов вагона галопирует (получает продольное качание).

Тележка с жесткой базой имеет ряд преимуществ перед другими типами тележек:

1) благодаря значительному зазору между буксами и буксовыми наличниками, тележка свободно вписывается в кривые, а на прямых участках пути оси остаются параллельными и не дают вилять тележке и кузову;

2) коэффициент сопротивления движению и расход электроэнергии на 5—6% меньше, чем у вагонов с поворотными одноосными тележками;

Фиг. 55. Тележка с жесткой базой.

3) срок работы бандажей больше, чем у одноосных тележек;

4) износ рельсовых путей меньше, чем при поворотных одноосных тележках;

5) ремонт на 10—12% дешевле, чем поворотных одноосных тележек.

Поворотные тележки делятся на одноосные и двуосные. Одноосные тележки Беккера[1], нюрнбергские и другие позволяют увеличить базу вагона до 3600 м.

Одноосные тележки подвижны относительно кузова. Однако вписывание этих тележек в кривые происходит не вполне удовлетворительно.

Тележки Беккера имеют следующие недостатки:

1) влияние кузова на прямых при больших скоростях;

2) быстрый износ реборд бандажей;

3) увеличенный расход электроэнергии;

4) склонность к опрокидыванию кузова при больших скоростях на кривых.

Двухосные поворотные тележки (фиг. 57, 58, 59) применяются исключительно на четырехосных вагонах.

Штампованные боковины тележки *1* скреплены с поперечными швеллерами балками *2* (фиг. 57).

К средним поперечным балкам *3* подвешены тяговые двигатели, а между балками — люлька с эллиптическими рессорами *4*.

Надбуксовыми рессорами служат цилиндрические пружины.

Балансирная тележка Мытищинского завода (фиг. 58) для московских четырехосных вагонов выпуска 1938 г. (типа М-38) состоит из рамы Н-образной формы и следующих частей: продольных балок *1*, поперечных балок *2*, скрепленных косынками *3*, люлечных балок *4*, люлечных рессор *5*, подрессорного бруса *6*, подвесок *7*, скользунов *8*, букс *9*, балансиров *10*, спиральных пружин *11*, чашек *12*, предохранительных скоб, тормозных колодок *13*, подвесок колодок *14*.

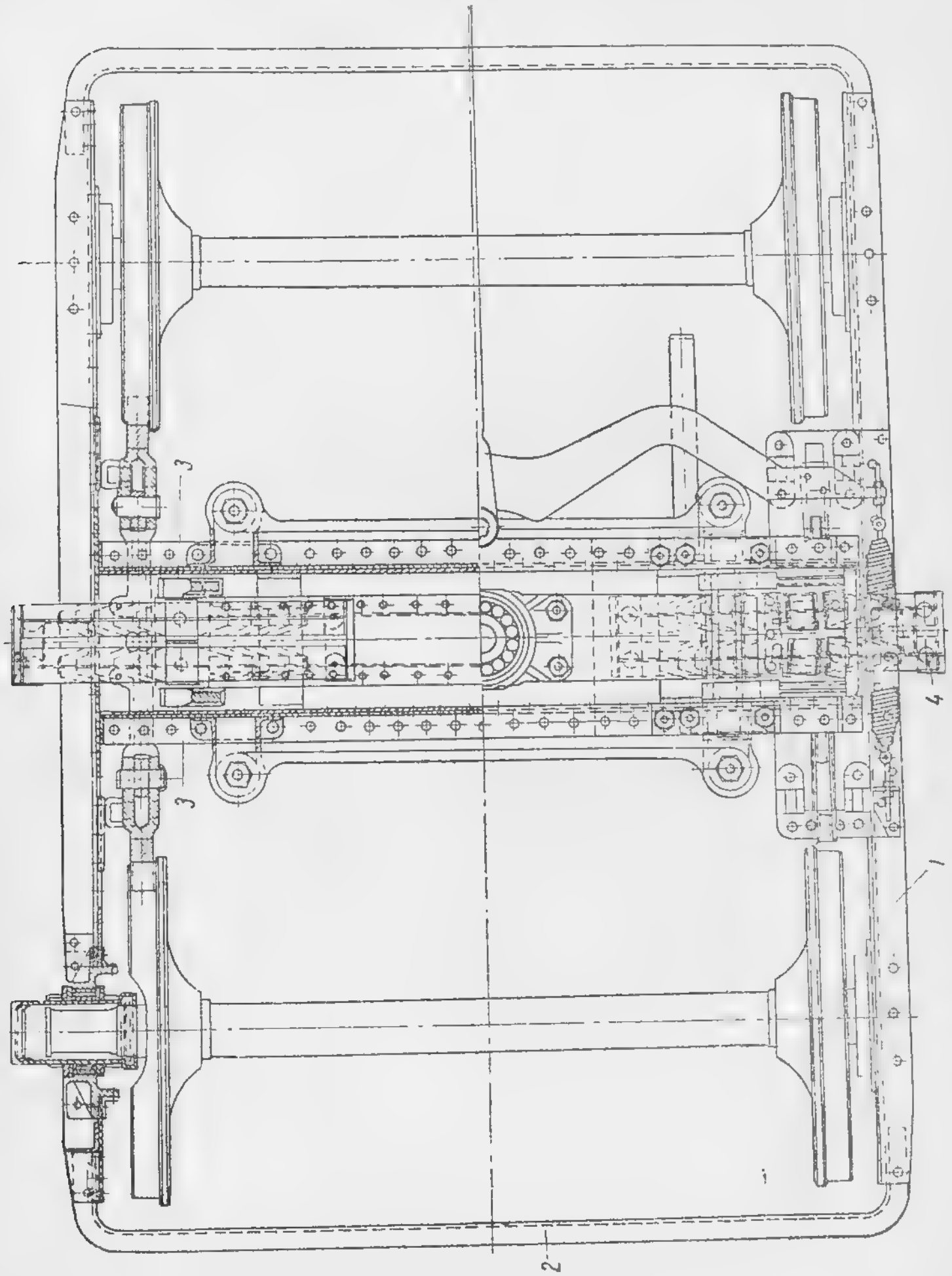
В последние годы заводом СВАРЗ московского трамвая для четырехосных вагонов изготовлены модернизированные тележки типа 2ДС, которые успешно эксплоатируются.

Двухосные поворотные тележки имеют следующие преимущества:

---

[1] Применяются главным образом в московском трамвае.

1) свободное вписывание в кривые малого радиуса;
2) спокойное движение вагона как на прямых, так и на

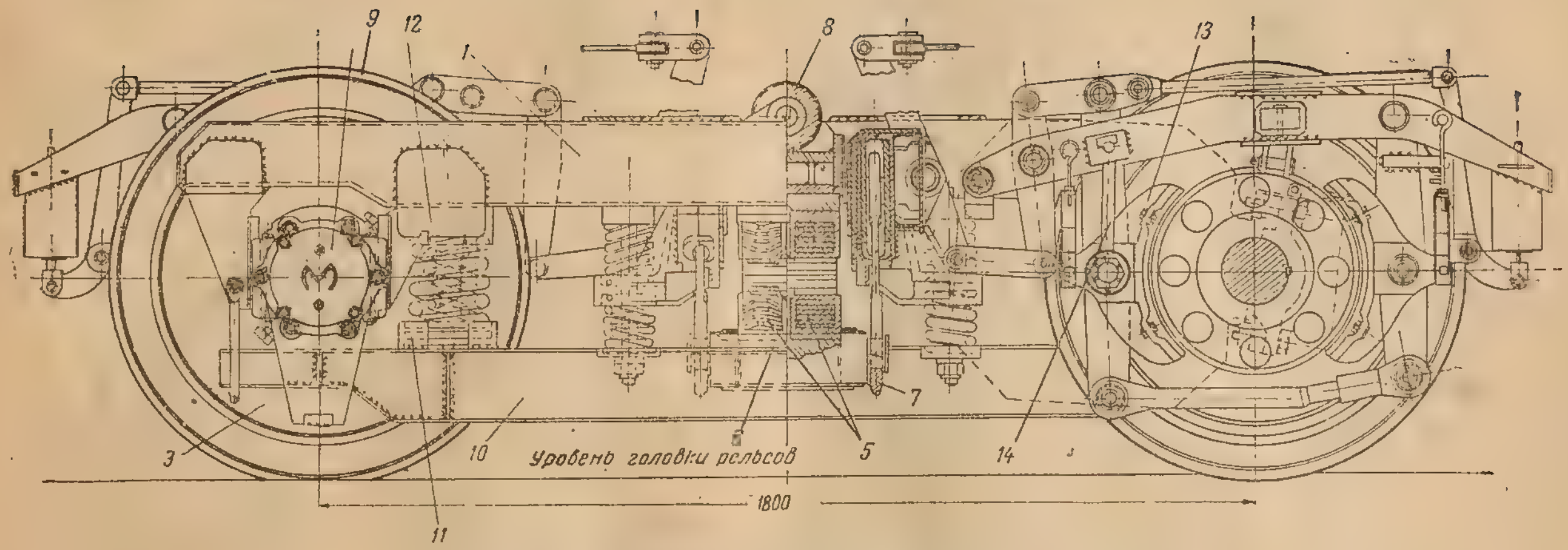


Фиг. 57. Двухосная поворотная тележка.

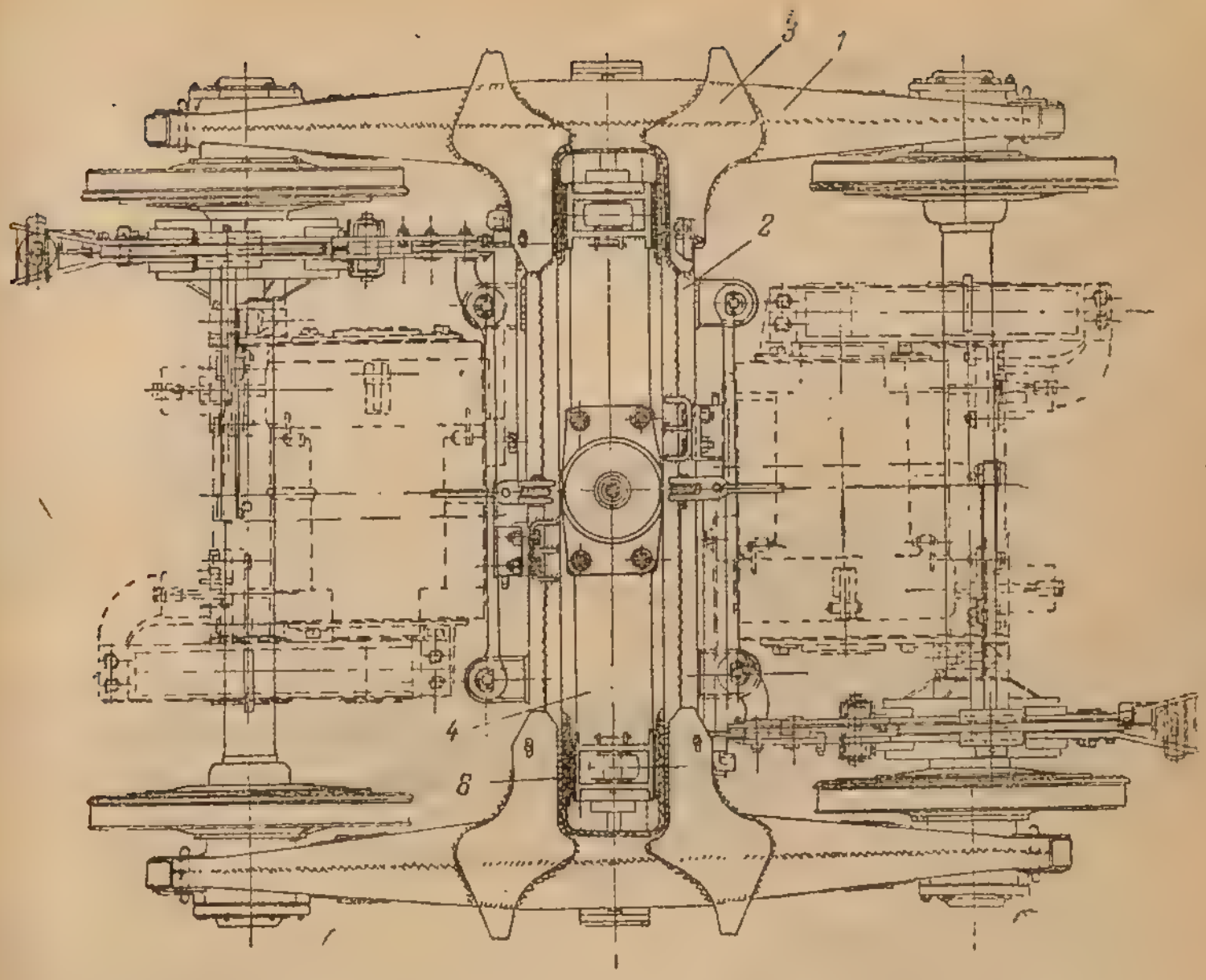
кривых, при достаточно высоких скоростях;
3) больший срок службы бандажей.

74. РЕМОНТ ТЕЛЕЖЕК

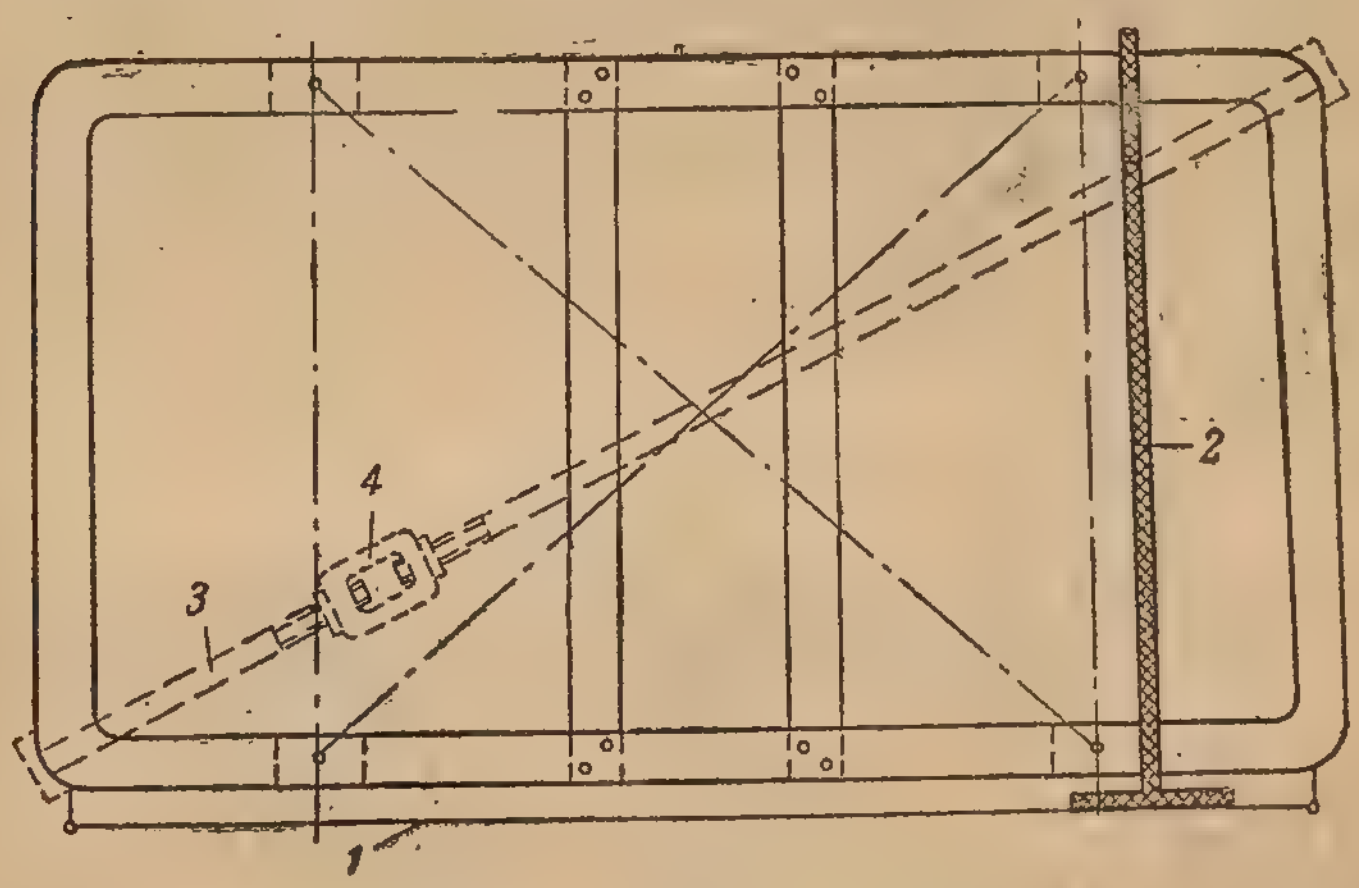
При каждом плановом ремонте вагонов тележки подвергаются полной разборке. Продольные и поперечные балки



Фиг. 58. Балансирная тележка Мытищинского завода.



Фиг. 59. Балансирная тележка Мытищенского завода (план)



Фиг. 60. Эскиз правки рамы тележки:
1—шнур; *2*—угольник; *3*—струна; *4*—стяжная муфта.

осматриваются. Рамы проверяются в отношении параллельности осей колесных пар.

Проверка рамы производится при помощи шнура и угольника. При перекосе рамы тележки угольник не совпадает с плоскостями двух противоположных буксовых челюстей (фиг. 60).

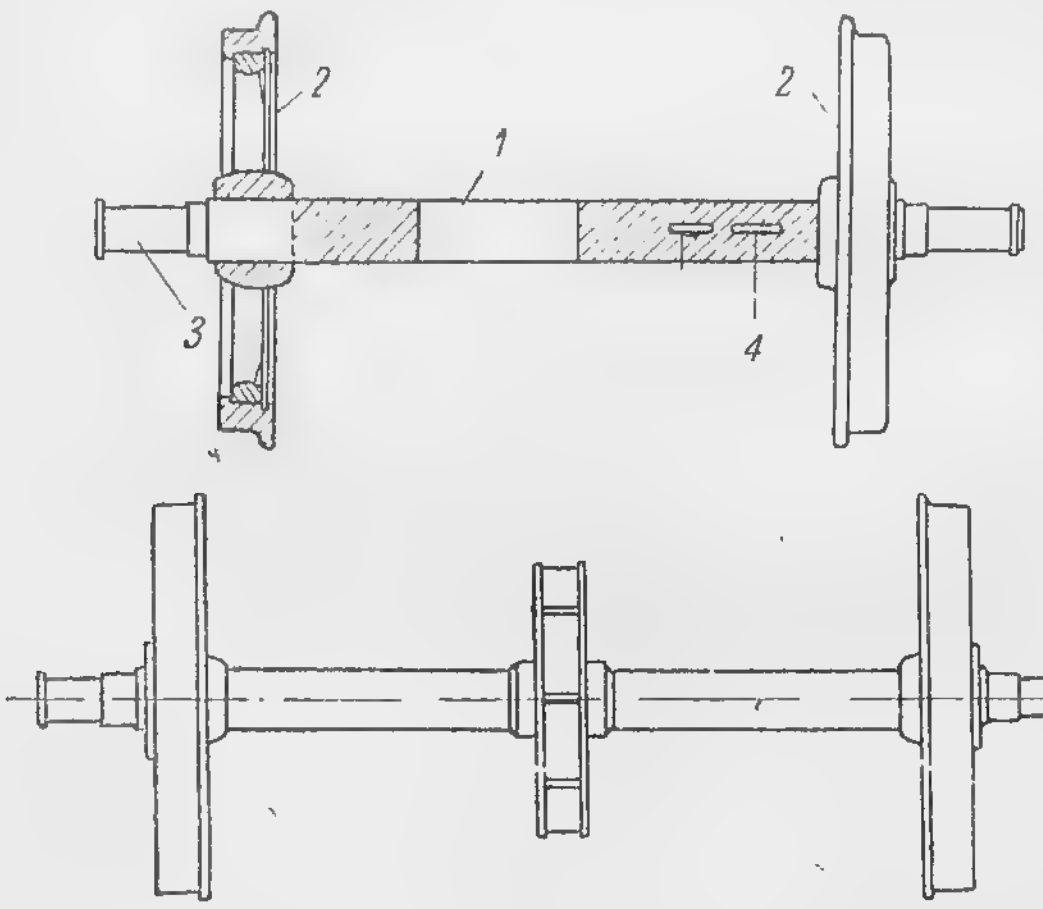
Проверка по диагоналям производится специальным шаблоном.

Разность длин двух диагоналей допускается: для тележки с жесткой базой 6 мм при среднем периодическом ремонте и 10 мм в эксплоатации, а для поворотных тележек — соответственно 4 и 6 мм. Правка рамы производится струной (стяжкой) из полосового или круглого железа диам. 30 ÷ 39 мм со стяжной муфтой с правой и левой резьбой.

Кронштейны для рессорных шпинтонов завариваются при разработке до 2 мм. Характеристика ремонтных работ по тележкам приведена ниже в п. 118.

75. КОЛЕСНЫЕ ПАРЫ

Колесная пара (фиг. 61) состоит из оси *1* и колесных центров *2* с бандажом.



Фиг. 61. Колесные пары моторного и прицепного вагонов.

Диаметр оси колесной пары моторного вагона принимается 120 ÷ 130 мм, при чем в подступичной части оси он

больше, чем в остальной части. Шейки оси *3* моторного вагона имеют диаметр от 90 до 100 мм.

Шпоночная канавка *4* служит для посадки эксцентрика осевого компрессора, а шпоночная канавка *5* — для шпонки большой шестерни. Посередине оси колесной пары прицепных вагонов с клещевыми тормозами насаживается тормозной диск (см. фиг. 61).

Оси изготовляются из болванки мартеновской стали (ОСТ 3953) ковкой или прессовкой.

Химический состав металла осей:

углерода	0,25 ÷ 0,40%
марганца	0,50 ÷ 0,80%
кремния	не менее 0,20%
серы	не более 0,05%
фосфора	не более 0,05%

На черных частях оси допускаются местные углубления от шлака и окалины глубиной не более 3 мм, а также плены и продольные волосовины, удаляемые вырубкой, глубиной также не более 3 мм (при общей длине всех вырубок не более 200 мм). Вырубки глубиной не более 1 мм в указанную длину не входят.

На частях оси, подвергающихся обточке, допускаются лишь такие вырубки, при которых обточенная ось будет удовлетворять принятому чертежу.

На окончательно обточенных частях оси допускаются так называемые «темновины» или «светловины», но без всяких признаков расслоения.

Ось в чистом виде должна иметь вполне цилиндрические шейки и подступичные части с тем, чтобы концы последних, обращенные к шейкам, на протяжении 10—15 мм обтачивались на конус не более 1 мм. Проковка подступичной части должна итти за центр на расстояние 50—100 мм и плавно переходить в среднюю часть. Шейки осей в чистом виде полируются или накатываются.

Ось в обработанном виде должна выдерживать испытание пятью ударами бабы в 1000 или 500 кг, падающей с высоты, определяемой по формуле:

$$PH = \alpha D^2,$$

где: P — вес бабы в кг,
H — высота падения в м;
D — диаметр посередине оси в мм;

α — коэффициент, равный 0,24 для бабы весом 1000 кг и 0,22 — для бабы весом 500 кг.

При этом испытании расстояние между опорами должно быть равно 1,5 м, а ось колесной пары после первого и третьего ударов должна быть повернута на 180° вокруг своей продольной геометрической оси.

При испытании на удар в обоих случаях ось не должна обнаруживать излома, трещин, надрывов и других признаков разрушения.

Примечание. При исчислении высоты падения бабы диаметр оси следует принимать по чертежу, не принимая во внимание допусков.

Откованные или прессованные оси должны иметь временное сопротивление растяжению не менее 50 и не более 67 кг/мм². Относительное удлинение нормального образца при расчетной длине $l = 10d$ должно быть не менее 19% для осей с временным сопротивлением, меньшим или равным 55 кг/мм², и 17% для осей с временным сопротивлением выше 55 кг/мм².

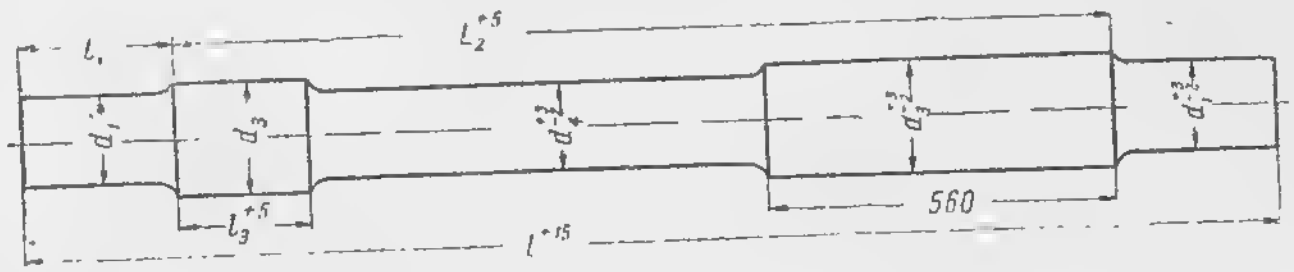
Стандарт $\left(\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}\ 311\right)$ предусматривает четыре типа осей для трамвайных вагонов с подшипниками скольжения — два для моторных и два для прицепных и дает размеры осей в чисто обработанном и черном виде. На оси для трамвайных вагонов с роликоподшипниками стандарт не распространяется. В табл. 41—44 приведены размеры различных частей необработанных и обработанных стандартизирован-

Таблица 41

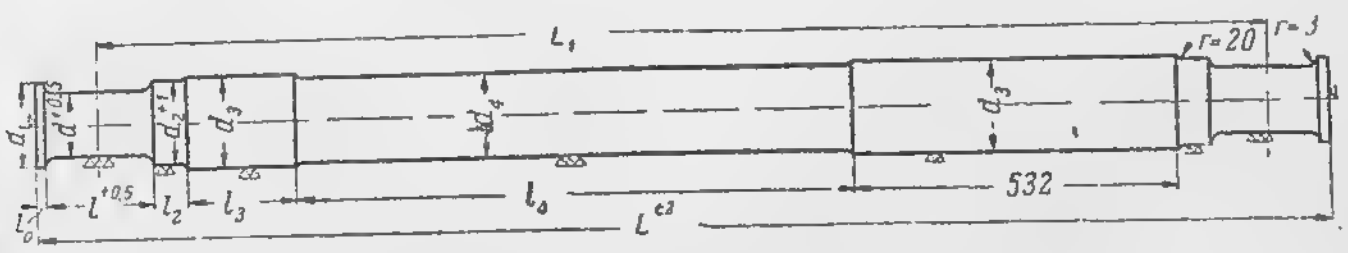
Черные оси моторных вагонов

Типы	Основные размеры в чисто обработанном виде ($d \cdot l \cdot L$)	d_1	d_3	d_4	l_1	l_2	L	L_2
ТМ-1	95 × 150 × 1 850	127	142	132	208	190	2 040	1 639
ТМ-2	95 × 150 × 1 900	127	142	132	212	175	2 090	1 681

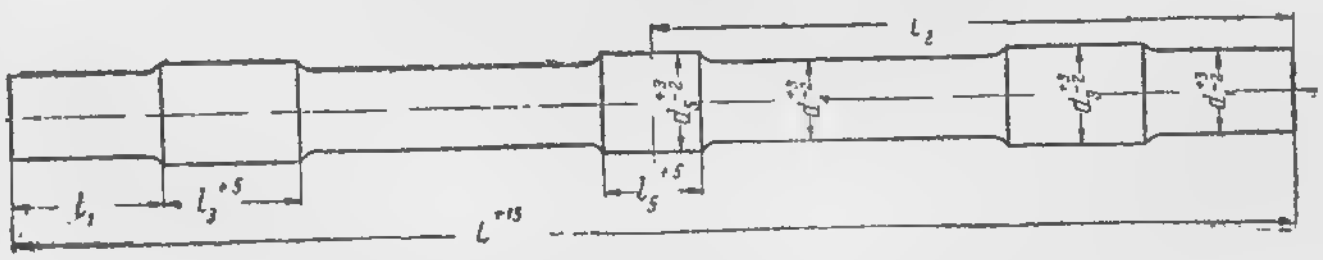
ных осей для моторных (фиг. 62 и 63) и прицепных вагонов (фиг. 64 и 65).



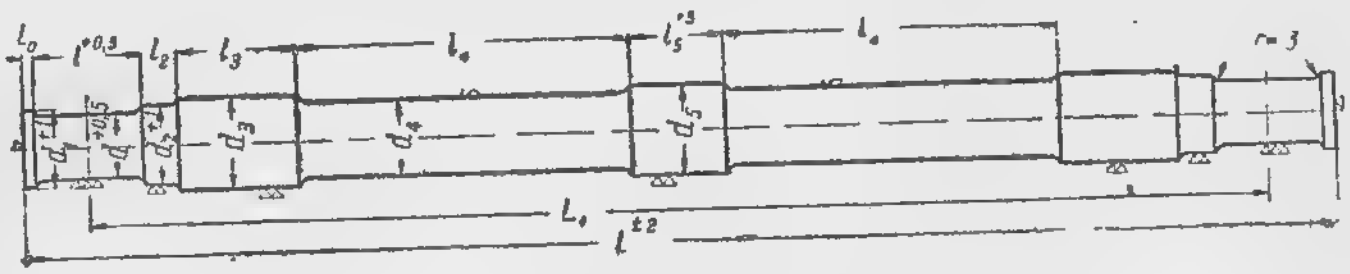
Фиг. 62. Ось моторного вагона (черная).



Фиг. 63. Ось моторного вагона (чистая).



Фиг. 64. Ось прицепного вагона (черная).



Фиг. 65. Ось прицепного вагона (чистая).

Пример условного обозначения черной оси моторного вагона: ТМ—1 $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}$ 3111 черная.

Таблица 42

Чистые оси моторных вагонов

Типы	Основные размеры в чисто обработанном виде ($d \cdot l \cdot L$)	d	d_1	d_2	d_3	d_4	l_0	l_2	l_3	l_4	l	L_1	L
ТМ-1	95 × 150 × 1 850	95	115	115	130	120	10	43	165	917	150	1 850	2 020
ТМ-2	95 × 150 × 1 900	95	115	115	130	120	10	47	150	974	150	1 900	2 070

Пример условного обозначения чистой оси моторного вагона: ТМ-1 $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКПТ}}$ 3 111 чистая.

Номинальный вес черной оси	ТМ-1	 217	кг
» » »	ТМ-2	 223	»
» » чистой	ТМ-1	 166	»
» » »	ТМ-2	 171,5	»

Таблица 43

Черные оси прицепных вагонов

Типы	Основные размеры в чисто обработанном виде ($d \cdot l \cdot L_1$)	d_1	d_3	d_4	d_5	l_1	L	l_3	L_2	l_5
ТП-1	90 × 150 × 1 850	122	132	110	132	208	2 045	190	1 023	136
ТП-2	95 × 150 × 1 850	127	132	115	145	215	2 065	180	1 032	162

Условное обозначение черной оси прицепного вагона: ТП-1 $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}$ 3 111 черная.

Таблица 44

Чистые оси прицепных вагонов

Типы	Основные размеры в чисто обработанном виде ($d \cdot l \cdot L_1$)	d	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	L	L_1	l	l_0	l_2	l_3	l_4	l_5
ТП-1	90 × 150 × 1 850	90	110	110	120	110	120	2 020	1 850	150	10	43	165	580	124
ТП-2	95 × 150 × 1 860	95	115	115	120	115	133	2 030	1 860	150	10	50	155	575	150

Условное обозначение чистой оси прицепного вагона:

ТП-1 $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}$ 3111 чистая.

Номинальный вес черной оси	ТП—1	 174	кг
Номинальный вес черной оси	ТП—2	 184	»
Номинальный вес чистой оси	ТП—1	 150	»
Номинальный вес чистой оси	ТП—2	 160	»

Колесные центры для трамвайных вагонов применяются двух типов: дисковые и спицевые. Спицевые центры легче дисковых, но имеют меньший срок службы.

На колесные центры утвержден ОСТ 3112.

На фиг. 66 изображен центр черный, а на фиг. 67 — чистый по ОСТ 3312.

Фиг. 66. Колесный центр (черный).

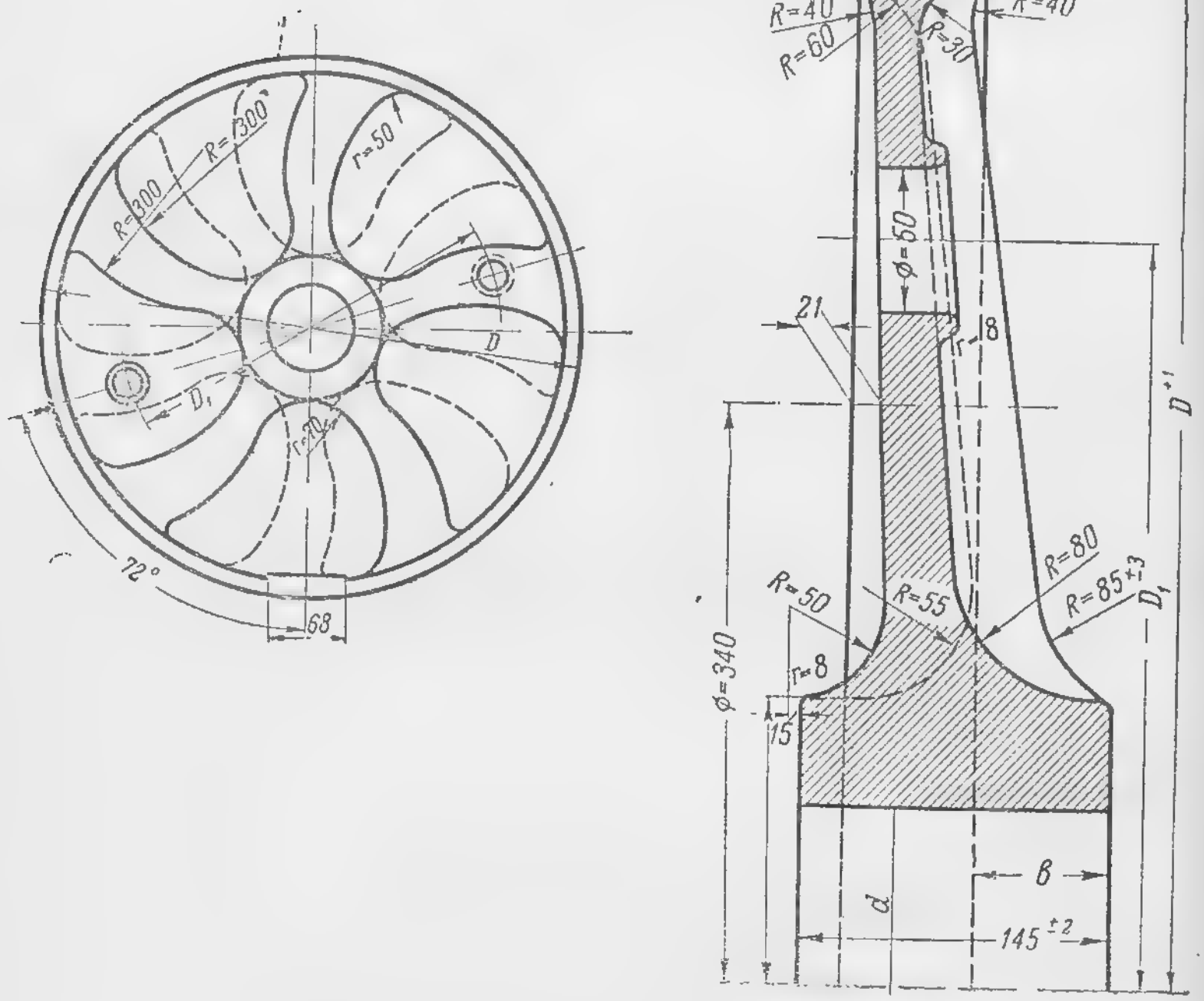
В табл. 45 и 46 приведены данные дисковых колесных центров по ОСТ 3112.

Таблица 45

Черные дисковые колесные центры

Тип	D	D_1	d	b	Теоретический вес, кг
I	552	360	100	108,5	99
II	662	430	100	108,5	119
III	662	420	110	108,5	117
IV	662	420	110	88,5	117
V	742	420	110	87,5	133

Бандажи изготовляются из литой болванки мартеновской стали на специальных прокатных станах. После про-



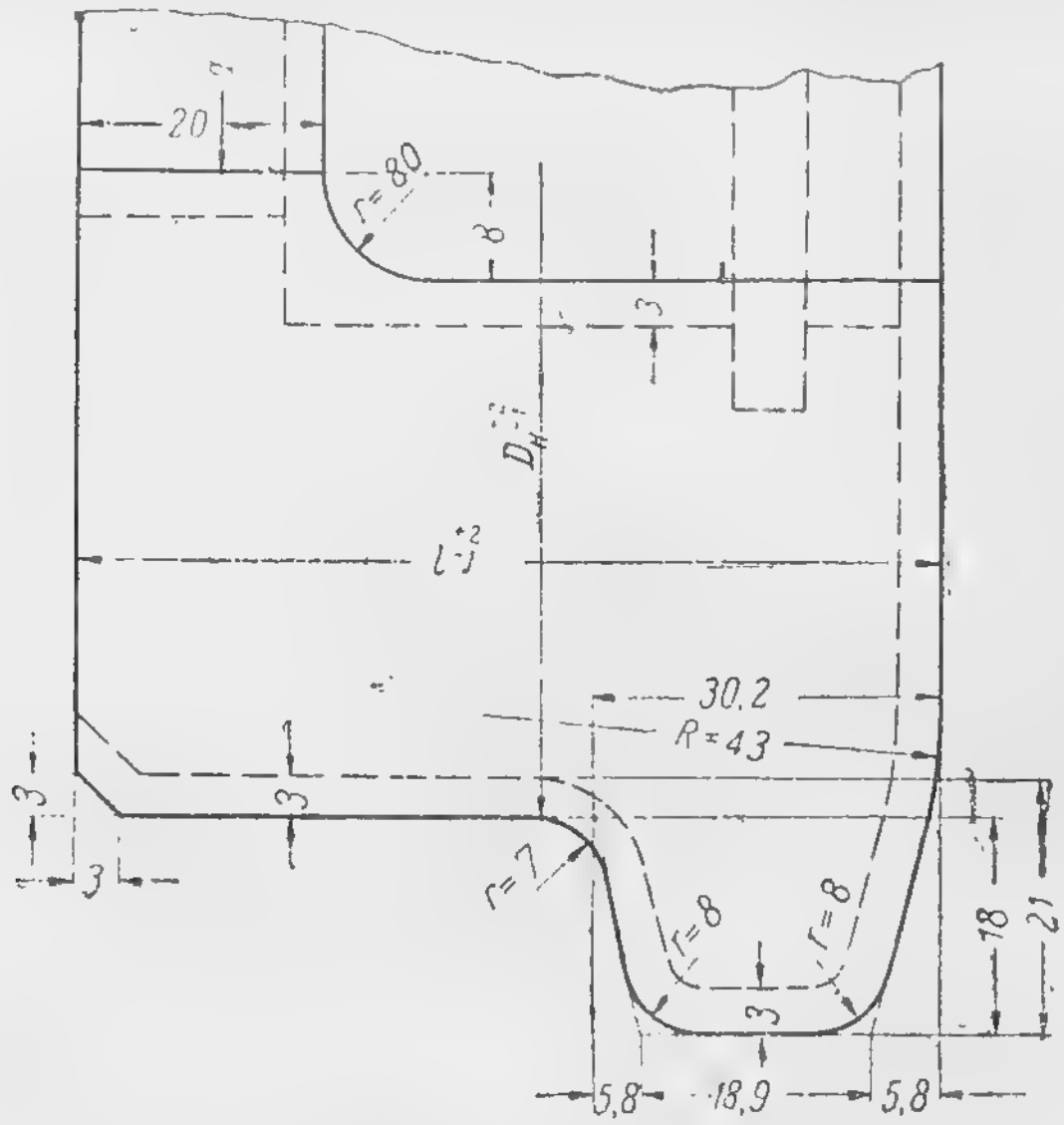
Фиг. 67. Колесный центр (чистый).

Таблица 46

Чистые дисковые колесные центры

Тип	D	D_1	d	b	Теоретический вес, кг
I	540	360	120	97	83
II	650	420	120	97	100
III	650	420	130	97	98
IV	650	420	130	72	98
V	730	420	130	72	113

катки бандаж подвергается термической обработке, заключающейся в нагреве до 800—900° С и отпуске при 600° С.



Фиг. 68. Бандаж.

Важным фактором при износе бандажа является удельное давление q, равное весу вагона в кг, приходящемуся на одно колесо, деленному на диаметр бандажа в мм.

Для нормальных бандажей $q_{max} = 7{,}5$ кг/мм².

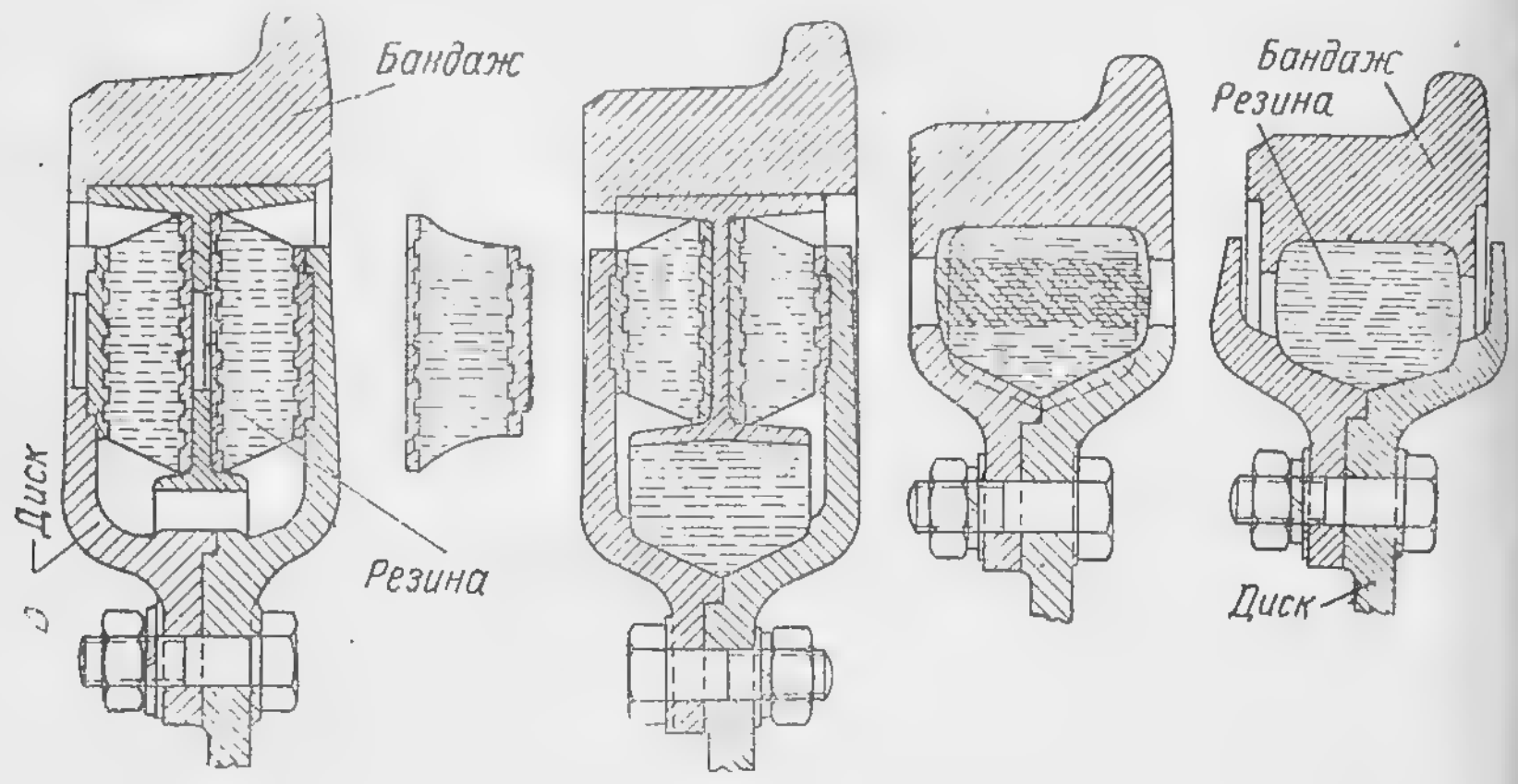
На трамвайные бандажи моторных и прицепных вагонов утвержден ОСТ 2403.

Размеры черных бандажей должны соответствовать данным фиг. 68 и табл. 47.

Размеры черных бандажей Таблица 47

Условное обозначение бандажа	Диаметр, мм								Ширина l, мм	Теоретический вес, кг
	D_b			D_h			d			
	номинальный	наименьший	наибольший	номинальный	наименьший	наибольший	наименьший	наибольший		
534/85	534	529	535	767	675	678	513	519.	82—88	100
554/85	554	549	555	706	705	708	533	539	85—88	113
644/85	644	639	645	786	785	788	623	629	85—88	118,5
724/85	724	719	725	886	885	888	703	709	85—88	152
734/85	734	729	735	886	885	888	713	719	85—88	145

Примечания: 1. Удельный вес материала принят равным 7,83. 2. Вес бандажей подсчитан по номинальным размерам. 3. Ширина и толщина бандажа должны



Фиг. 69. Упругие колеса.

быть равномерными по всей его окружности. 4. Отклонения по ширине *1* для одного бандажа допускаются не более 2 мм в разных сечениях и не более 1 мм в одном сечении.

При увеличении скорости движения трамвайных вагонов возрастает влияние динамического воздействия неподрессоренного веса и увеличивается шум.

Упругие колеса с применением резины (фиг. 69) в некоторой степени уменьшают влияние этих факторов.

76. РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ КОЛЕСНЫХ ПАР

Срок службы бандажей определяется пробегом: для моторных вагонов $70 \div 85$ тыс. км, для прицепных $110 \div 150$ тыс. км.

Срок службы стальных литых центров для моторных вагонов $7 \div 12$ лет, для прицепных — $10 \div 15$ лет.

Спицевые колесные центры служат $6 \div 8$ лет.

Срок службы осей для моторных вагонов $5 \div 10$ лет, для прицепных — $7 \div 12$ лет.

В табл. 48 приведены допуски для расточки подступичной части оси и давления гидравлического пресса при насадке центров на ось.

Таблица 48

Допуски для расточки подступичной части оси и внутреннего диаметра ступицы колеса

Наружный диаметр обода колеса, мм	Внутренний диаметр ступицы, мм	Диаметр подступичной части оси, мм	Допуски, мм	Давление при насадке, т	
				без бандажа	с бандажом
750	129,5	130	0,5	30 ÷ 50	40 ÷ 60
750	124,6	125	0,4	30 ÷ 50	40 ÷ 60
730	119,6	120	0,4	30 ÷ 50	35 ÷ 55
650	119,7	120	0,3	30 ÷ 45	35 ÷ 50
560	119,7	120	0,3	30 ÷ 40	35 ÷ 50
540	119,75	120	0,25	30 ÷ 40	35 ÷ 50

При обработке колесных центров соблюдаются следующие допуски:

1) по наружному диаметру обода ± 1 мм;

2) по ширине обода ±0,5 мм;

3) в положении наружной грани ступицы относительно обода ±2 мм.

Бандаж насаживается на колесный центр в горячем состоянии (нагрев до 350° С).

Перед нагревом внутренняя поверхность бандажа растачивается с допуском для натяга после остывания (табл. 49). Натяг бандажа должен составлять от 0,9 до 1,5 мм на 1 м диаметра обода.

Таблица 49

Допуски для расточки бандажей в мм

Диаметр бандажа по кругу катания	Диаметр внутренней расточки бандажа	Диаметр колесного центра	Натяг бандажа
880	748,75	750	1,25
850	728,75	730	1,25
760	649,0	650	1,00
680	559,0	560	1,00
650	539,0	540	1,00

После насадки бандажей на колесные центры производится обточка бандажей по поверхности катания.

Колесная пара после обработки бандажей может иметь следующие допуски:

1) в диаметре бандажа по кругу катания +2 мм; —1 мм;

2) в разнице диаметров по кругу катания на одной колесной паре ±0,5 мм (в эксплоатации 2 мм для моторных вагонов и 3 мм для прицепных);

3) по ширине бандажа в наружную сторону + 2 мм; — 1 мм;

4) в профиле бандажа кругом по реборде по шаблону + 0,5 мм;

5) в расстоянии внутренней грани бандажа от заплечика шейки + 1 мм;

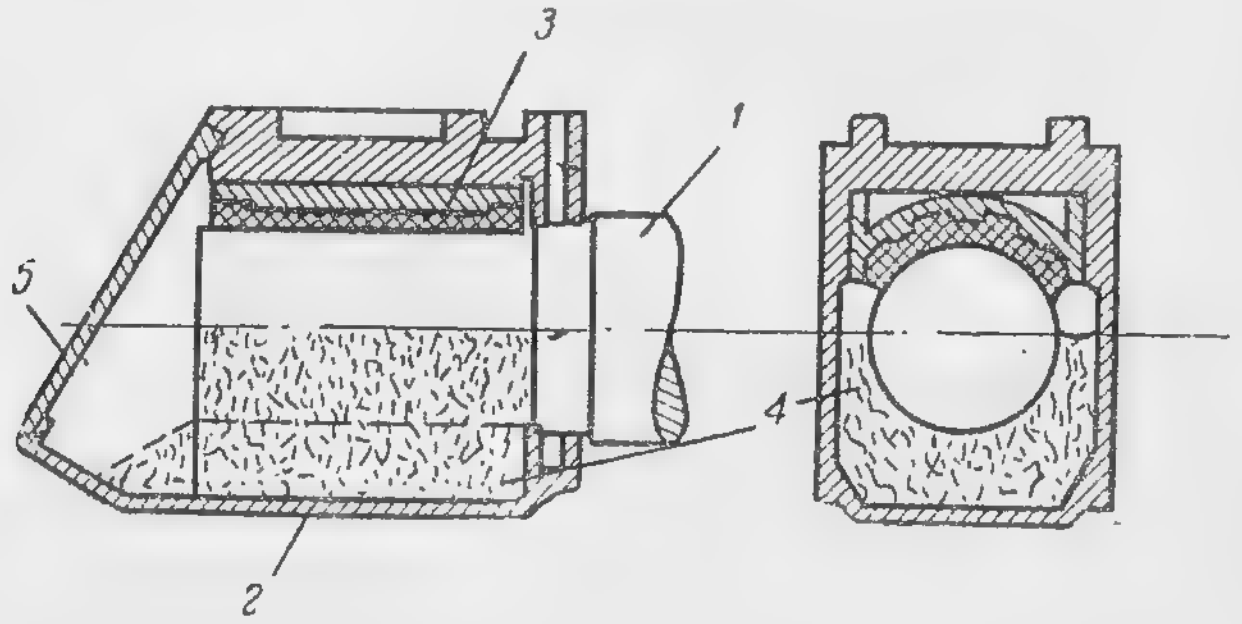
6) в расстоянии от центра оси до внутреннего торца ступицы колеса ± 0,5 мм;

7) в размере колеи по шаблону + 0,5 мм; — 1,5 мм.

При наличии бандажей с размерами по наружному диаметру более чертежных размеров отступление от последних допускается до 10 мм.

77. БУКСЫ И ПОДШИПНИКИ

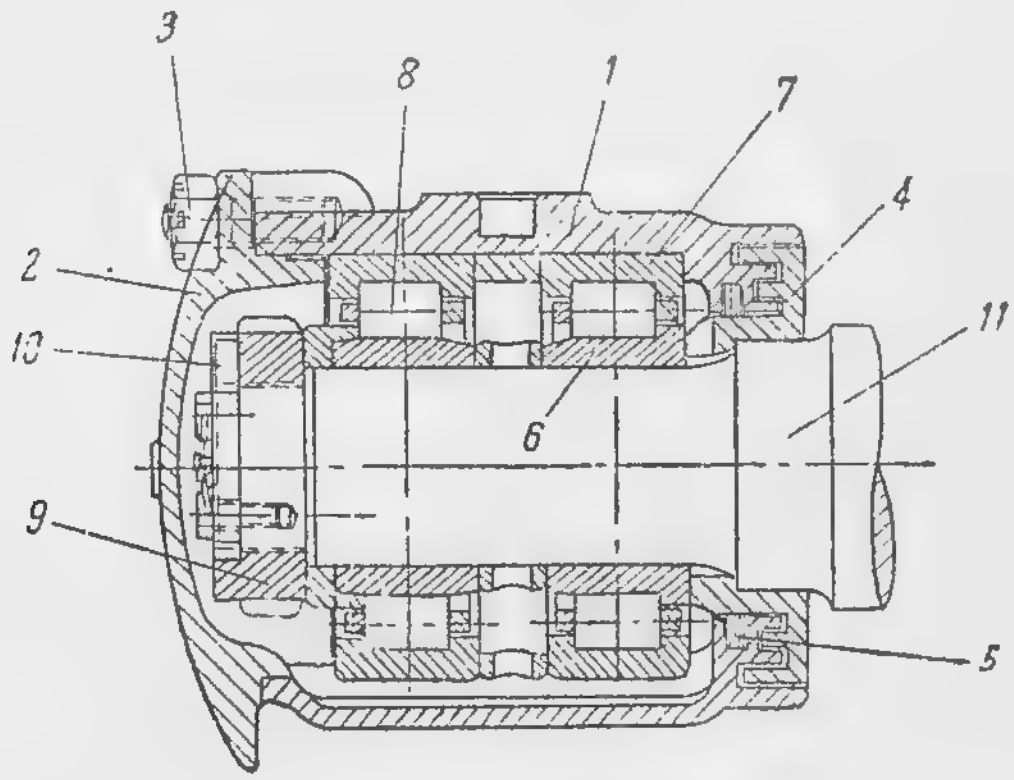
На трамвайных вагонах применяются буксы двух типов: с подшипниками скольжения (фиг. 70) и с роликовыми подшипниками (фиг. 71).



Фиг. 70. Букса с подшипником скольжения:
1—ось; *2*—корпус; *3*—подшипник; *4*—подбивка со смазкой; *5*—крышка.

Корпус буксы с наружноосевым подшипником скольжения изготовляется из стального литья.

Букса должна иметь герметически закрывающуюся крышку с уплотнением (воротники), не допускающую вытекания смазки и попадания внутрь буксы пыли, воды и снега. Конструкция буксы должна позволять выемку из нее подшипника без выкатки колесной пары из-под вагона.



Фиг. 71. Букса с роликовыми подшипниками:
1—корпус; *2*—крышка; *3*—болт, закрепляющий крышку; *4*—воротник; *5*—войлочное укрепление; *6*—внутреннее кольцо; *7*—наружное кольцо; *8*—ролик; *9*—закрепляющая гайка; *10*—контршайба; *11*—шейка оси.

Для предупреждения износа буксы вследствие трения о челюсти тележки необходимо снабжать ее стальными закаленными или железными цементированными буксовыми лицами.

Корпус подшипника скольжения изготовляется из стали и заливается баббитом. Химический состав баббита приведен в табл. 50.

Баббит плавится при температуре 400—480° С.

Угар баббита при плавке составляет 10—15%. Для уменьшения угара расплавленная поверхность баббита покрывается слоем порошка древесного угля толщиной 1,5—2 мм.

Корпус подшипника перед заливкой необходимо хорошо залудить и нагреть до 100—150° С.

Заливать баббит в форму необходимо за один раз. Перед заливкой расплавленный баббит следует хорошо перемешать.

Для заливки одного наружноосевого подшипника требуется 1,2—1,8 кг баббита.

Таблица 50

Химический состав оловянистых и свинцовистых баббитов

Марка сплава	Химический состав, %									Содержание примесей, % (не более)						
	олово	свинец	сурьма	медь	кадмий	никель	мышьяк	кальций	натрий	свинец	железо	сурьма	мышьяк	цинк	висмут	сумма примесей
Б-83	83	—	11	6	—	—	—	—	—	0,35	0,1	—	0,1	0,03	0,05	0,063
	Остальное		10—12	5,5—6,5	—	—	—	—	—							
Б-Н	10	71	14	1,75	1,5	1,0	0,75	—	—	—	0,1	—	—	0,15	0,1	0,35
	9—11	Остальное	13—15	1,5—2,0	1,25—1,75	0,75—1,25	0,5—1,0	—	—							
Б-16	16	66,25	16	1,75	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,2	0,15	0,1	0,55
	15—17	Остальное	15—17	1,5—2,0	—	—	—	—	—							
В-6	5,5	74	15	2,75	2,0	—	0,—75	—	—	—	0,1	—	—	0,15	0,1	0.35
	5,6	Остальное	14—16	2,5—3,0	1,75—2,25	—	0,6—1,6	—	—							
Б-С	—	81,75	17	1,25	—	—	—	—	—	—	0,1	—	0,2	0,15	0,1	0,55
	—	Остальное	16—18	1,0—0,5	—	—	—	—	—							
Б-К	—	98,25	—	—	—	—	—	0,9	0,85	—	—	0,1	—	—	0,08	0,25
	—	Остальное	—	—	—	—	—	1,75—1,1	0,7—1,0							

Расход баббита для наружноосевых подшипников двухосного моторного вагона составляет 0,07—0,09 кг на 1000 ваг.-км.

Заливка подшипников скольжения кальциевым баббитом производится по специальной инструкции. Кальциевый баббит нашел широкое применение на железных дорогах СССР.

Кальциевый баббит имеет более высокую температуру, чем оловянистый, лучше выдерживает ударную нагрузку и не содержит дефицитного олова.

Твердость кальциевого баббита по Бринелю 30 ÷ 40.

Плавка кальциевого баббита производится при температуре 550 ÷ 570° С. Угар кальциевого баббита составляет 3 ÷ 4%.

Буксы с роликовыми подшипниками имеют следующие преимущества перед буксами с подшипниками скольжения: 1) меньшее трение в подшипниках (вследствие этого расход электроэнергии уменьшается на 3—5%); 2) экономия смазки и сокращение персонала смазчиков; 3) снижение расходов на ремонт.

Для смазки букс с роликовыми подшипниками следует применять солидол марки Т. Расход солидола на четыре буксы в год составляет 6—8 кг.

Роликовые подшипники применяются с цилиндрическими роликами, которые дают меньшие расходы в эксплоатации, чем сферические ролики.

78. СМАЗКА ВАГОННЫХ УЗЛОВ

Смазка для вагонных букс должна иметь: а) достаточно высокую липкость, б) достаточно высокую температуру вспышки, в) низкую температуру застывания, г) низкую стоимость. В смазке не должно быть механических примесей, воды, кислот и щелочей.

Для наружноосевых букс с подшипниками скольжения применяются два типа смазки: 1) жидкая (машинное масло или мазут) и 2) консистентная.

Для приготовления консистентной смазки смешивают в течение 15—20 мин. 85% машинного масла марки Л, нагретого до 50° С и 15% густой смазки типа роталин, консталин или солидол.

В горячую смазку опускают бумажные концы I сорта, смешанные с конским волосом, и оставляют в ней на 24 часа. Консистентная смазка, состоящая из жидких смазок и мазей, летом не разжижается, а зимой не замерзает.

Таблица 51

Жидкие смазочные материалы для вагонного оборудования

Марка смазки	Назначение	№ по ОСТУ	Температура застывания, °С	Удельный вес
Машинное масло Л	Смазка наружноосевых буксовагонов и моторноосевых подшипников	7954	—10	0,886 0,916
Машинное масло 2	То же	7959	— 8	0,886 0,926
Машинное масло Т	Смазка якорных подшипников, разъемных двигателей и компрессоров	8708	—10	0,886 0,906
Цилиндровое масло 2	Смазка якорных подшипников, разъемных двигателей и компрессоров в летний период .	7955	+ 5	0,886 0,916
Мазут зимний 3	Смазка трущихся частей тормозной системы, рычагов, роликов, цепей, валиков, буферов, буксовых лиц и т. п. . . .	6972	—20	0,876 0,926
Мазут летний Л	То же	6972	—10	0,886 0,936
Автол 6	Смазка моторкомпрессора	—	—	—

Благодаря этим свойствам консистентная смазка устойчива в эксплоатации, не вызывает перегрева наружноосевых букс и дает низкий расход на 100 ваг.-км.

Для заправки четырех наружноосевых скользящих букс требуется:

машинного масла 2	4,5 кг
солидола Т или роталина	0,75 „
бумажных концов I сорта	2,5 „
конского волоса	0,1 „

Нельзя применять в бумажных концах крученую или вощеную нитку. Не рекомендуется пропитывать концы холод-

Таблица 52

Консистентные смазки для вагонного оборудования

Марка смазки	Назначение	Температура каплеобразования по Уббелоде °С	Содержание воды, %	Содержание золы, %
Консталин, мазь Л	Смазка роликовых подшипников двигателей	120 ÷ 140	0,5	4,5
То же марки М	То же	150 ÷ 160	0,2	6,0
Солидол Т	Смазка наружноосевых роликовых и скользящих букс, алюминиевых дуг токоприемника	90	3,0	4,0
Графитная мазь	Смазка шестерен двигателей	65	3,0	—
Текол Т	Смазка шеек осей колесных пар для предупреждения ржавления	40	—	—
Вазелин технический (искусственный)	Смазка сухарей пальцев и сегментов контроллеров, кранов машиниста (ОСТ 2528) .	40 ÷ 50	—	0,07

ной смазкой, особенно в зимнее время, так как она впитывается с трудом.

В табл. 51 и 52 приведены сорта смазок, применяемых для вагонных узлов.

Средний расход смазки (масла) для осевых букс составляет: на двухосный вагон 130 ÷ 150 кг; на четырехосный — 280 ÷ 300 кг в год.

Заправка наружноосевых букс смазкой производится при дневном профилактическом 12-дневном осмотре. При ночном осмотре вагонов производится осмотр букс и добавление смазки по потребности.

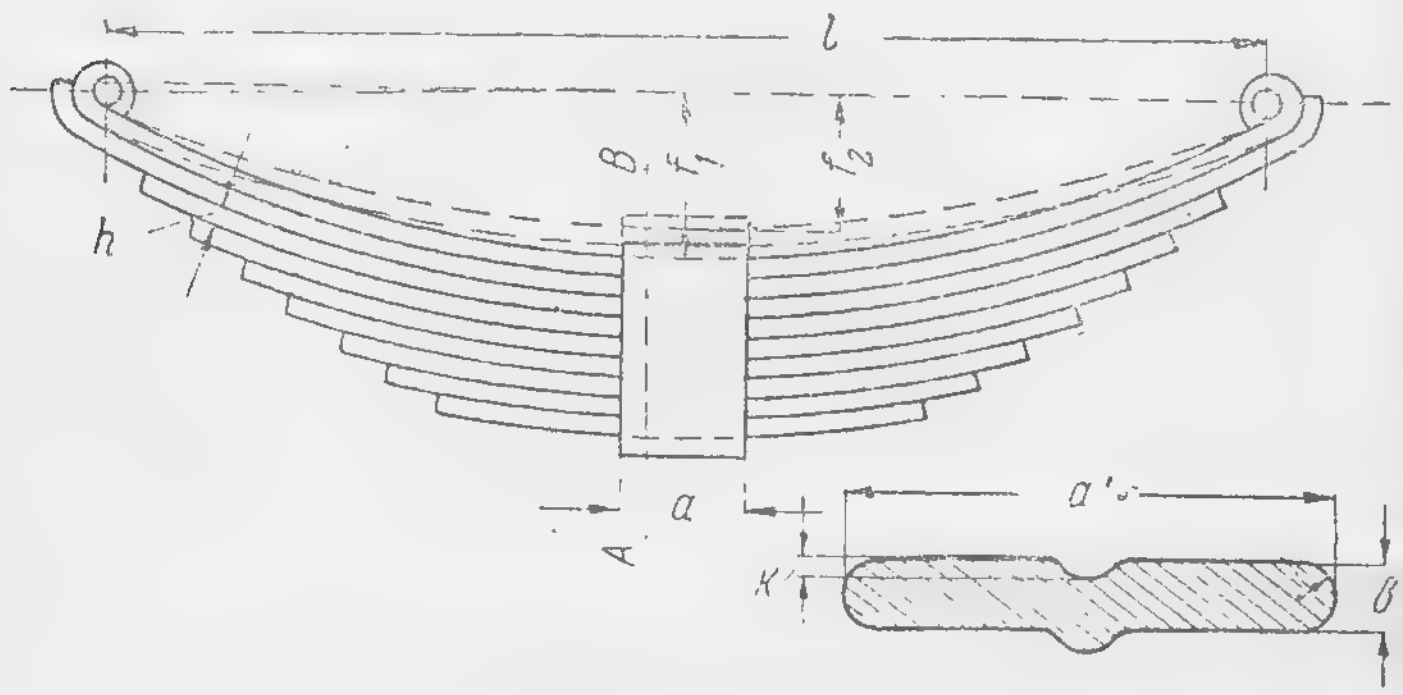
При нагревании буксы до 50—60° С требуется ревизия буксы и смена смазки.

Два раза в год — весной и осенью — рекомендуется производить ревизию всех букс с подшипниками скольжения. Буксы промываются керосином и смазываются свежим маслом.

Загрязненная смазка может быть восстановлена в специальных фильтрах и вновь употреблена в буксах.

79. РЕССОРЫ И ПРУЖИНЫ

Рессоры, применяемые в трамвайных вагонах, делятся на листовые (фиг. 72), эллиптические (фиг. 73) и цилиндрические витые — пружины (фиг. 74).



Фиг. 72. Листовая рессора.

Листовые и эллиптические рессоры изготовляются из рессорной стали (ОСТ 971), марка которой указывается на принятом чертеже.

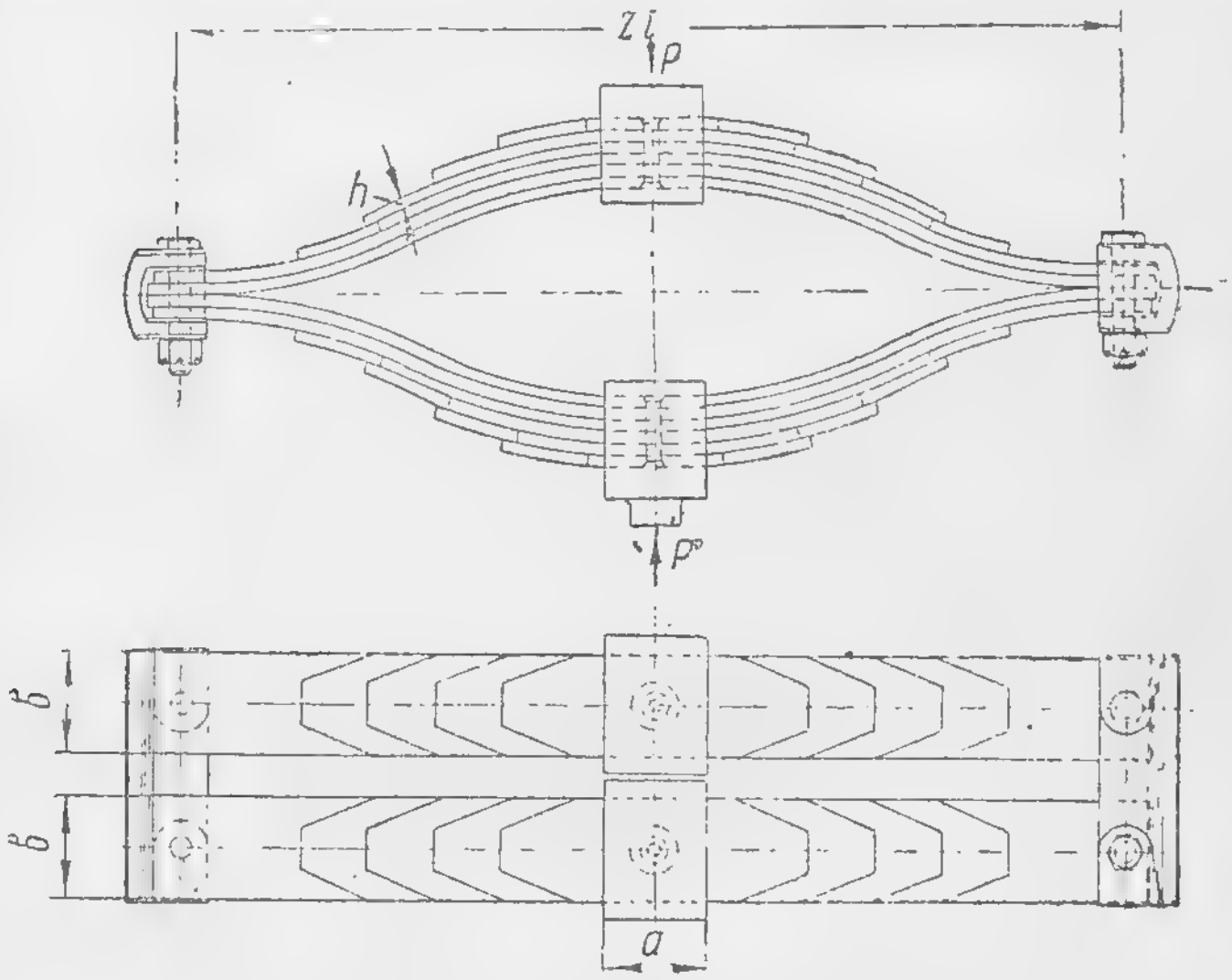
Форма и размеры листовых рессор должны соответствовать принятым чертежам со следующими допусками:

1) по длине хорды (расстояние между центрами ушков) не более 0,5% длины;

2) по высоте фабричной стрелы не более 6 мм.

Прилегание листов должно быть плотным в свободном и нагруженном состоянии рессоры. Просветы допускаются не более $^1/_2$ мм между хомутом и концом листа рессоры на протяжении не более 200 мм и не более, чем в трех местах рессоры; вогнутые поверхности листов перед сборкой должны быть смазаны смесью сала с маслом и графитом.

Усадка рессоры (т. е. остающаяся деформация) после снятия действовавшего на нее груза, вычисленного по нижеприведенной формуле, не должна превышать 5% от прогиба под нагрузкой, т. е.



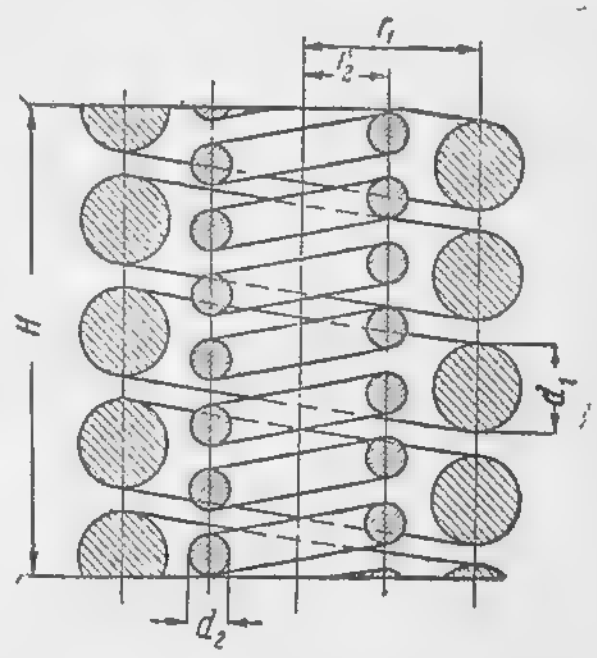
Фиг. 73. Эллиптическая рессора.

$$\frac{f_1 - f_3}{f_1 - f_2} \cdot 100 \leqslant 3\%,$$

где: f_1 — стрела рессоры до прогиба,
f_2 — стрела прогиба рессоры с грузом,
f_3 — стрела прогиба рессоры после снятия груза.

Подсчет веса груза, которым должна испытываться рессора, производится по формуле:

$$P = \frac{Pn_2b^2}{3L_1},$$



Фиг. 74. Витая рессора.

где: $L_1 \frac{L-k}{2}$ — плечо изгибающего момента в мм;
P — груз, которым испытывается рессора, в кг;

R — напряжение в кг/мм² (см. ОСТ 971);
n — число листов рессоры;
a — ширина листа в мм;
b — толщина листа в мм;
L — длина рессоры в мм;
k — ширина хомута в мм.

Рессора, вторично нагруженная тем же грузом P, не должна давать после снятия груза дополнительной усадки.

Рессора, нагруженная грузом, равным $^3/_5$ P, и подвергнутая 25 качаниям, доводящим прогиб ее до величины, полученной при статической нагрузке грузом P, не должна обнаруживать после качаний добавочной усадки.

Размеры профилированной стали (см. фиг. 72) приведены в табл. 53.

Таблица 53

Размеры профилированной стали в мм

a'	b	r наибольшее	k	r наименьшее
63	10	4,5	4,5	3,75
73	13	4,5	4,5	3,75
76	7	3,5	3,5	3,75
76	10	4,5	4,5	3,75
76	11	4,5	4,5	3,75
76	13	4,5	4,5	3,75

Допускаемые отклонения для размеров:

a . . . . . ± 1,5%
b . . . . . + 0,75 мм
k . . . . . — 0,6 „

Расстояние от линии, соединяющей центры ушков, до первого (коренного) листа ненагруженной рессоры, показывается фабричной стрелой рессоры.

Разность между фабричной стрелой f_1 и стрелой, образуемой рессорой под нагрузкой f_2, называется стрелой

прогиба (см. фиг. 72):

$$f = f_1 - f_2.$$

Прогиб рессоры, отнесенный к нагрузке в 1 т, называется гибкостью рессоры.

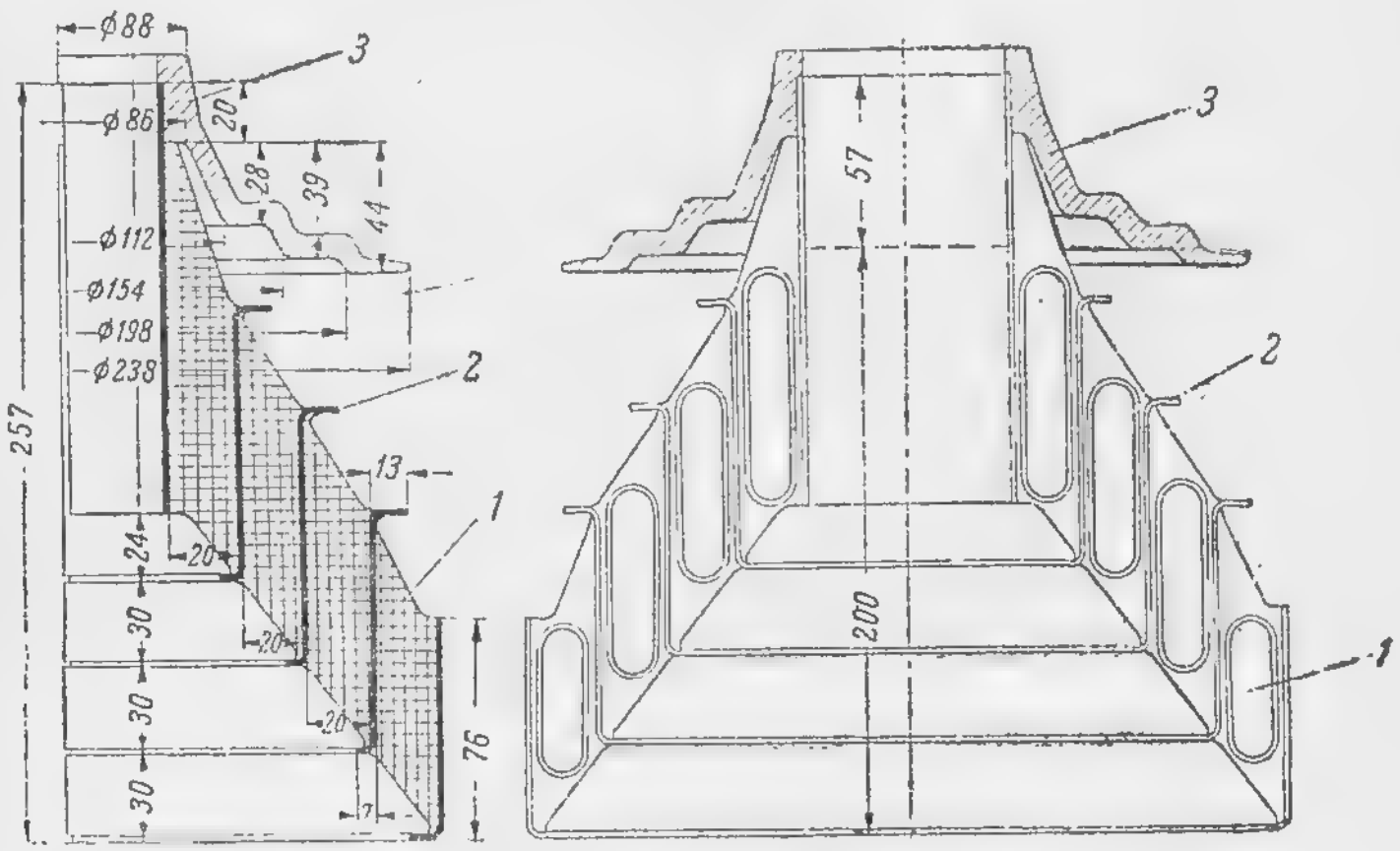
Величина груза, под влиянием которого рессора дает стрелу прогиба, равную 1 см, называется коэффициентом рессоры.

Суммарная гибкость рессор одной одноосной поворотной тележки должна составлять 10 мм/т, а одной оси двухосной тележки с жесткой базой — 6 ÷ 8 мм/т.

При изготовлении цилиндрических витых рессор пружин из прутковой стали соблюдаются следующие требования:

$$\frac{D}{d} = 6 - 8; \quad \frac{N}{D} \geqslant 2,$$

где: D — диаметр спирали,
d — диаметр прутковой стали,
H — фабричная высота пружины.



Фиг. 75. Резиновая рессора.

Новейшие трамвайные вагоны оборудуются резиновыми рессорами.

Резиновая рессора (фиг. 75) состоит из четырех резиновых колец *1*, отделенных друг от друга стальными цилиндрами *2* с отбортованными краями.

На крайний цилиндр *2* насаживается нажимная шайба *3*, которая по мере увеличения нагрузки в вагоне постепенно выключает резиновые кольца.

Гибкость подвешивания при резиновых рессорах составляет при четырех кольцах — 10 мм/т, при трех кольцах — 7 мм/т, при двух кольцах — 4 мм/т и при одном кольце — 2 мм/т.

80. РЕМОНТ РЕССОР

При сборке новых или переборке старых рессор необходимо соблюдать следующие условия:

а) листы рессоры должны плотно прилегать друг к другу как в свободном состоянии, так и под нагрузкой;

б) рессорный хомут должен плотно обжимать листы и при пробе его молотком не давать следов сдвига;

в) нижняя часть хомута надбуксовой рессоры должна быть простругана;

г) при пробе под прессом рессоры с заранее промеренной стрелой прогиба после прекращения действия нагрузки не должны иметь остаточных деформаций, дающих усадку более 5%;

д) напряжение под действием испытательного груза не должно превышать: для кузовных рессор — 60 кг/мм², для надбуксовых — 50 кг/мм². Для цилиндрических витых закаленных пружин допускается напряжение в 110 кг/мм²;

е) боковая поверхность надбуксовой рессоры должна быть параллельна продольной балке тележки;

ж) отклонение расстояния между осями отверстий для валиков серег одной кузовной рессоры допускается $\pm$ 2 мм;

з) разница по высоте центров отверстий в кронштейнах одной рессоры не должна быть более 2 мм;

и) между валиками и соответствующими дырами рессорного подвешивания допускается зазор по диаметру 0,3 мм.

81. ТЯГОВЫЕ И СЦЕПНЫЕ ПРИБОРЫ

Для сцепления трамвайных вагонов применяются следующие сцепные приборы: а) буферные, б) типа «рукопожатие», в) автоматические, г) фрикционные.

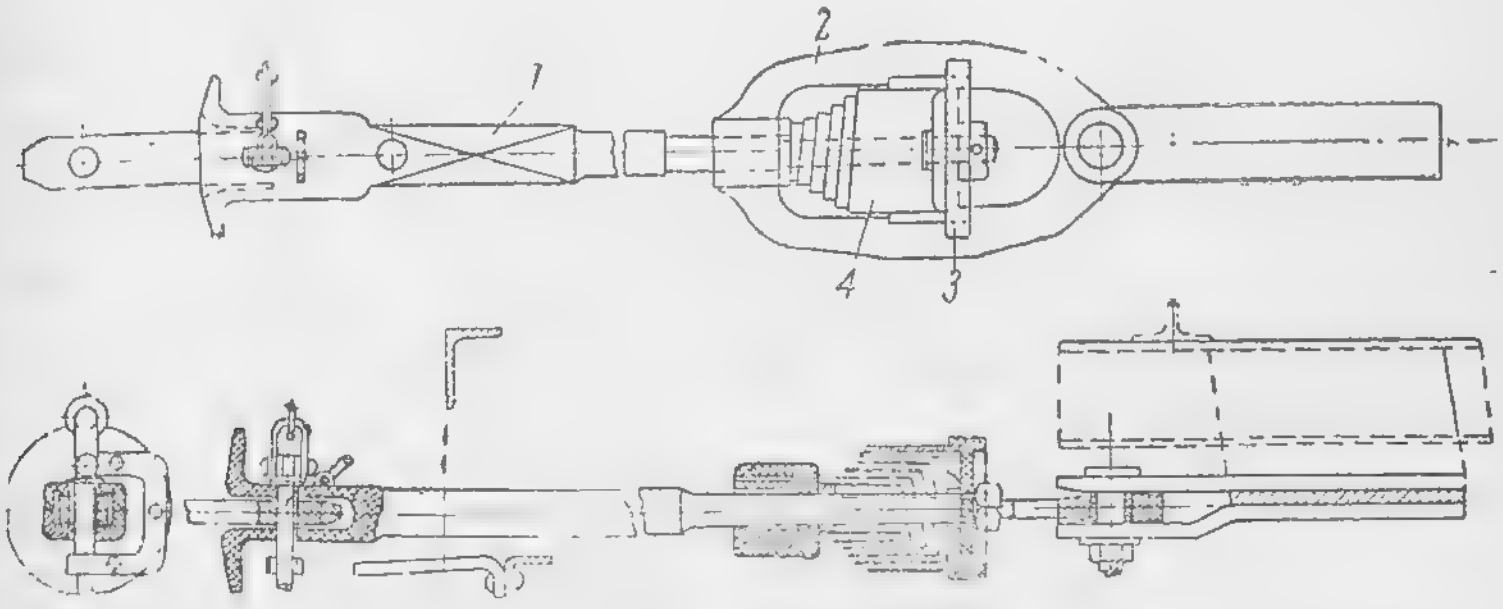
Буферный прибор (фиг. 76) является одним из самых распространенных на трамваях СССР.

К недостаткам буферного прибора относятся: а) опасность для сцепщика при сцепке вагонов; б) необходимость иметь отдельный сцепной язык; в) затруднительное маневрирование при подаче вагона на сцепку.

В Германии распространена трамвайная сцепка типа «рукопожатием» (Альберт), изображенная на фиг. 77. Го-

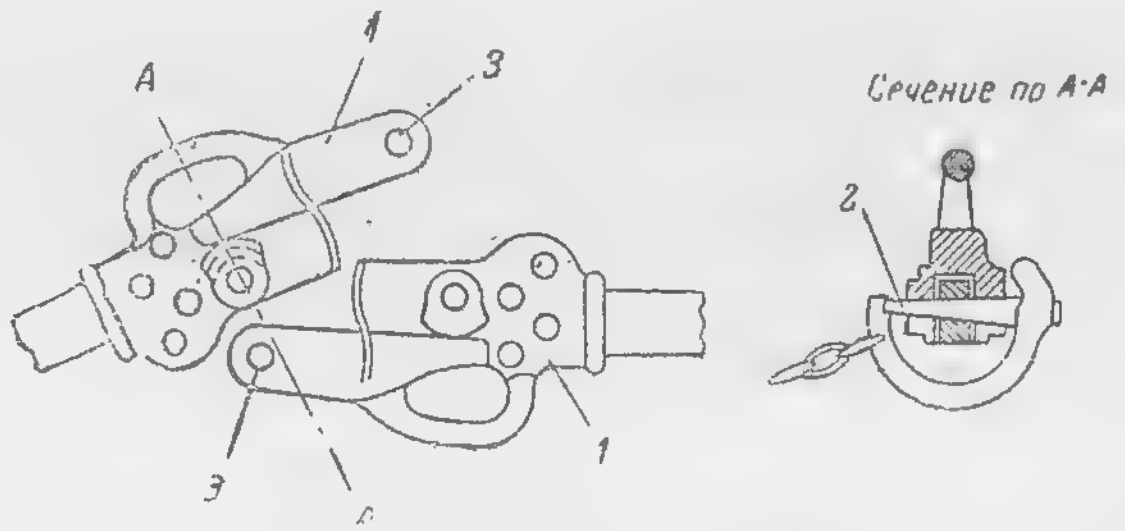
ловки сцепных приборов *1* входят одна в другую и запираются коническим штырем *2*, проходящим через отверстия *3*.

Автоматический сцепной прибор (фиг. 78) состоит из головок, на концах которых имеются когти *1*, вращающиеся на оси *2*.



Фиг. 76. Буферный прибор:
1—буферный стержень; *2*—хомут; *3*—шайба; *4*—пружина.

При сцепке вагонов коготь тягового прибора одного вагона захватывается когтем тягового прибора другого ва-



Фиг. 77. Сцепка рукопожатием.

гона. Когти *1* при нажатии одной сцепки на другую заходят один за другой.

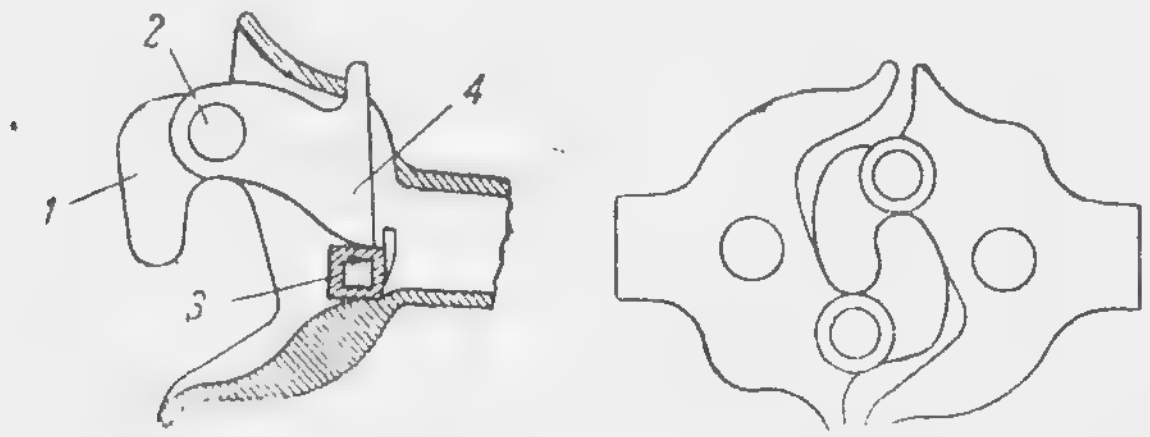
При повертывании когтей до такого положения, когда щеколда *3* западает вниз и упирается в противоположный конец когтя *4*, когти сцепляются и не могут повернуться обратно.

Расцепление когтей производится вручную поднятием щеколды *3* при помощи рычага и штыря, поддерживающего щеколду.

Применяются также фрикционные буферы.

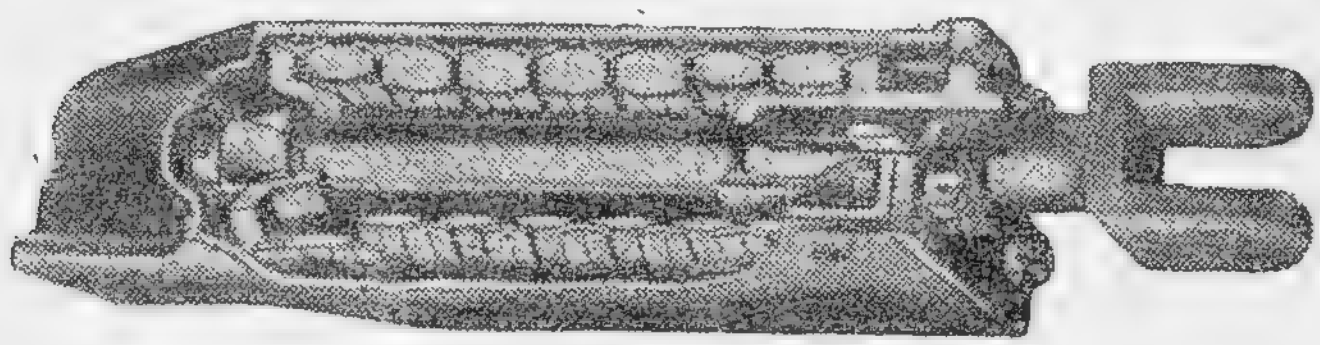
Фрикционный буфер (фиг. 79) снабжен двумя рядами стальных колец, входящих одно в другое.

При сжатии буферных стержней между кольцами создается трение, поглощающее толчки и удары.



Фиг. 78. Автоматическая сцепка.

Тяговый прибор является ответственным элементом вагонного оборудования. К нему предъявляются строгие требования в отношении осмотра и ремонта. Поэтому каждый буферный прибор после изготовления или ремонта со сваркой буферного стержня должен подвергаться испы-



Фиг. 79. Фрикционный буфер.

танию на специальном гидравлическом прессе на растяжение усилием, равным двойному максимальному тяговому усилию моторного вагона, при часовом режиме двигателя.

Буферные пружины, имеющие просадку до 20 мм, подлежат замене.

Буферный стержень в ненарезанной части хвостовика может иметь предельный износ по диаметру 10%, но должен быть не менее 35 мм.

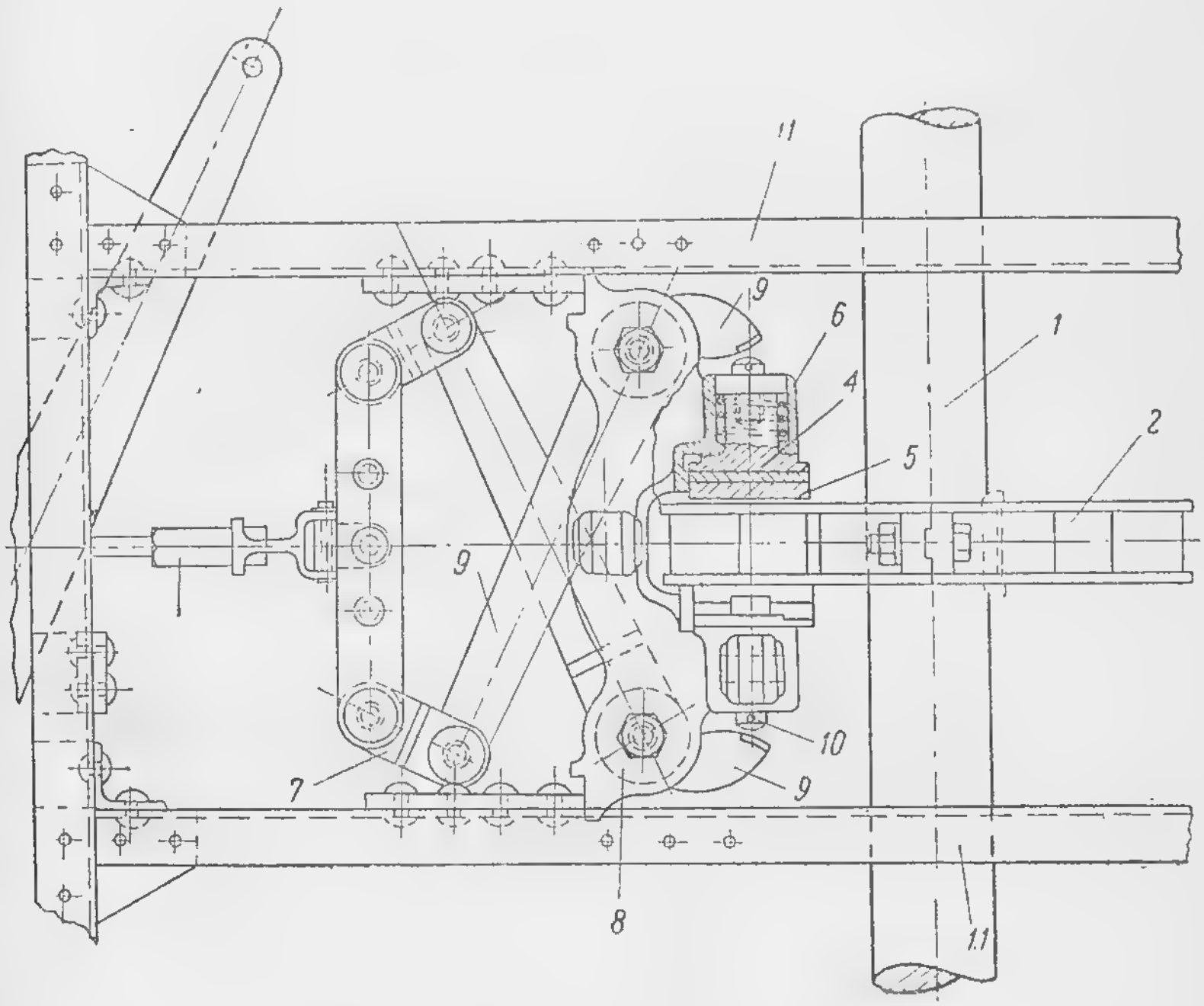
При выпуске вагона из среднего периодического ремонта хвостовик буферного стержня может иметь износ 7%, но быть не менее 36 мм.

82. МЕХАНИЧЕСКИЕ ТОРМОЗА

К основным типам механических тормозов относятся:

а) колесно-колодочный тормоз, при котором тормозное усилие передается тормозными колодками на бандажи колес;

б) клещевой и распорный тормоз (фиг. 80), при котором тормозное усилие передается колодками на



Фиг. 80. Клещевой тормоз:

1—вагонная ось; *2*—тормозной диск; *3*—тормозная тяга; *4*—тормозной башмак; *5*—колодка из пластмассы; *6*—оттяжная пружина; *7*—серьга; *8*—рама тормоза; *9*—тормозной рычаг; *10*—нажимной штифт; *11*—балка рамы кузова.

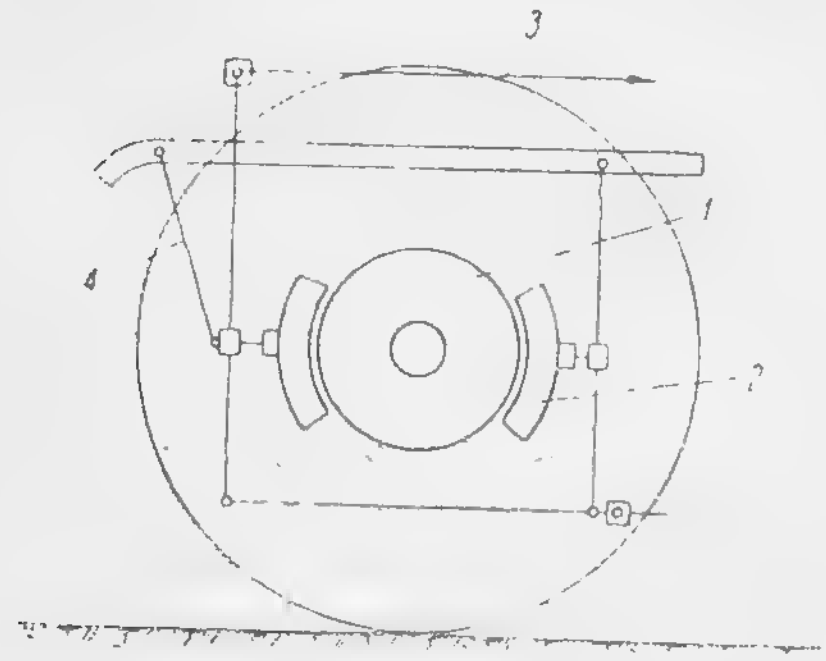
специальные тормозные диски, сидящие неподвижно на оси колесной пары;

в) барабанный тормоз (фиг. 81), при котором тормозное усилие передается колодками на тормозной барабан, сидящий неподвижно на оси колесной пары;

г) ленточный тормоз (фиг. 82), передающий тормозное усилие стальной лентой на тормозной барабан, сидящий на валу тягового двигателя.

Недостатки колесно-колодочного тормоза:

а) изменяемость коэффициента трения между колодкой и бандажом, в зависимости от состояния рельсовых путей (сухие, мокрые, покрытые грязью, инеем и пр.);



Фиг. 81. Барабанный тормоз:
1 — барабан; *2* — колодка; *3* — тормозная тяга; *4* — подвеска.

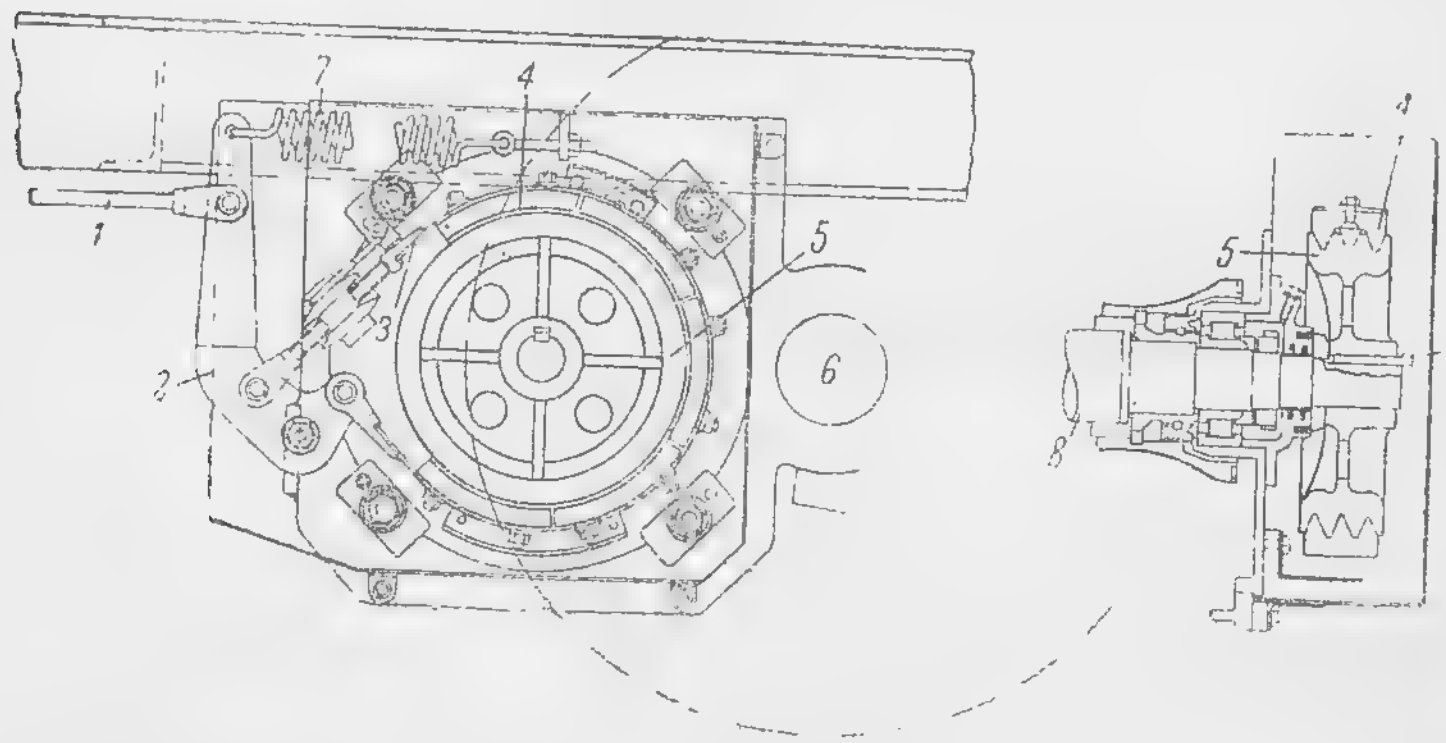
б) износ бандажей при трении колодок;

в) влияние просадки рессор на величину тормозного эффекта;

г) высокая стоимость эксплоатации (большой износ бандажей, частая регулировка тормоза, частый ремонт и т. п.).

Преимуществом колесно-колодочного тормоза является сглаживание поверхности катания бандажей при образовании на них выбоин (лысок).

К преимуществам клещевого и распорного тормозов относятся:



Фиг. 82. Ленточный тормоз:
1 — тормозная тяга; *2* — тормозной рычаг; *3* — стальная лента; *4* — накладка из пластмассы; *5* — тормозной барабан; *6* — вагонная ось; *7* — оттяжная пружина; *8* — вал якоря; *9* — шпонка.

а) облегченный уход и ремонт, дешевизна эксплоатации;

б) высокий коэффициент трения колодки с тормозным диском;

в) малая изменяемость коэффициента трения колодки с тормозным диском;

г) простота конструкции и малый вес;

д) отсутствие влияния просадки рессор на тормозной эффект.

Недостатком клещевого и распорного тормозов является невозможность сглаживания выбоин на бандажах.

Преимуществом барабанного тормоза является постоянство передаточного числа от тяги до колодки, не зависящего от износа колодки.

83. ТОРМОЗНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Торможение характеризуется следующей формулой:

$$F_m + w \leqslant G_m \varphi$$

или, так как w мало по сравнению с F_m, то

$$F_m \leqslant G_m \varphi.$$

Зависимость между силой нажатия тормозных колодок и тормозной силой определяется формулой:

$$Q\psi = F_m,$$

где: G_m — сцепной тормозной вес поезда;
F_m — тормозная сила в кг;
w — сопротивление движению в кг;
φ — коэффициент сцепления (в расчетах принимается $0{,}14 \div 0{,}16$);
ψ — коэффициент трения между колодкой и бандажом;
Q — сила нажатия тормоза в кг.

Ограничение тормозной силы величиной сцеплений колес с рельсами относится к тормозам, использующим силу сцепления колес с рельсами.

Основным фактором, характеризующим торможение, является коэффициент нажатия тормоза m_k. Коэффициентом нажатия колесно-колодочного тормоза называется отношение силы нажатия всех колодок на бандажи колес Q к таре вагона T:

$$m_k = \frac{Q}{T}.$$

Коэффициент m_k для воздушного тормоза моторного вагона в расчетах принимается $1 \div 1{,}3$ при коэффициенте полезного действия тормозной передачи 0,8; коэффи-

циент m'_k для воздушного тормоза прицепного вагона принимается $0{,}8 \div 1{,}0$ при коэффициенте полезного действия тормозной передачи $0{,}75 \div 0{,}8$.

Величина тормозного пути поезда на площадке равна:

$$L_m = \frac{0{,}051\,(T \cdot k \cdot \gamma + T' \cdot k' \cdot \gamma' \cdot n)\, v_m^2}{T \cdot \psi \cdot m_k + T' \cdot \psi' \cdot m'_k \cdot n}.$$

Тормозной путь поезда на спуске равен:

$$L'_m = \frac{51 \cdot (T \cdot k \cdot \gamma + T' \cdot k' \cdot \gamma' \cdot n)\, v_m^2}{T(1000 \cdot \psi \cdot m \cdot k - \gamma \cdot i) + T' \cdot n\,(1000 \cdot \psi \cdot m'_k - \gamma' \cdot i)},$$

где: k — коэффициент инерции вращающихся масс моторного вагона;

k' — то же прицепного вагона;

γ — коэффициент полезной нагрузки моторного вагона

$$\left(\gamma = \frac{G_м}{T}\right);$$

Таблица 54

Значения коэффициента трения между колодкой и бандажом

Данные	Скорость, км/час				
	0	10	20	30	40
Сухие рельсы					
По опыту железных дорог СССР $\psi = 0{,}3 - 0{,}00225\, v$	0,3	0,278	0,255	0,233	0,21
Мокрые рельсы					
По формуле Ломоносова	0,2	0,185	0,17	0,155	0,14

γ' — то же прицепного вагона,

$$\left(\gamma' = \frac{G_п}{T'}\right);$$

v_m — скорость начала торможения в м/сек;

T — тара моторного вагона в кг;

T' — тара прицепного вагона в кг;
$G_м$ — вес моторного вагона с пассажирами в кг;
$G_п$ — вес прицепного вагона с пассажирами в кг;
n — число прицепных вагонов.

Величина φ, подсчитываемая по эмпирическим формулам, изменяется в зависимости от скорости (табл. 54).

Для средних условий состояния пути и колодок необходимо принимать $\varphi = 0{,}14 \div 0{,}18$.

Коэффициент сцепления φ изменяется в зависимости от скорости и состояния рельсового пути (табл. 55 и 56).

Таблица 55

Значения коэффициента сцепления φ в зависимости от состояния рельсов

Состояние пути	без песка	с песком
Сухие чистые рельсы	0,3	0,37
Мокрые рельсы	0,19—0,24	0,235
Влажные рельсы	0,133—0,165	0,235
Рельсы, покрытые изморозью . . .	0,11—0,15	0,2

Таблица 56

Значения коэффициента сцепления φ в зависимости от скорости движения

Сухие рельсы		Мокрые рельсы	
скорость поезда, км/час	величина φ	скорость поезда, км/час	величина φ
Неподвижный поезд	0,3	Неподвижный поезд	0,22
10	0,28	10	0,20
20	0,26	20	0,185
30	0,24	30	0,18
40	0,17	40	0,14
50	0,15	50	0,12

Коэффициент сцепления φ может выражаться в кг/т.

84. ДЕТАЛИ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ

Тормозные башмаки при колесно-колодочном тормозе отливаются из стали.

Тормозные колодки изготовляются из чугуна. Примерный химический состав чугуна приведен в табл. 57.

Таблица 57

Химический состав чугуна для тормозных колодок

Наименование элементов	Содержание, % по данным		
	московского трамвая	ленинградского трамвая	Министерства путей сообщения
Углерод	3,0 ÷ 3,3	2,65	3,0 ÷ 3,3
Кремний	0,8 ÷ 1,2	1,24	1 ÷ 1,2
Марганец	0,5 ÷ 0,8	0,69	1,0
Фосфор	0,3 ÷ 0,6	0,14	0,8
Сера	0,15 ÷ 0,25	0,30	До 1

Твердость чугуна колодок по Бринеллю должна быть 285. Это соответствует отпечатку шарика $d = 10$ мм в 3,6 мм на обработанной поверхности образца колодки, под давлением в 3000 кг в течение 15—30 сек. с допусками $\pm 0{,}3$ мм;

Для испытания твердости по Бринеллю отбирается 2% от предъявленной к приемке партии колодок.

Твердость по Бринеллю колодок московского трамвая 286 ÷ 418, твердость по Бринеллю колодок ленинградского трамвая 170 ÷ 375.

При изготовлении чугунных колодок разрешается допуск на твердость ± 50 единиц.

Бакелитовые колодки для клещевого тормоза изготовляются из следующего состава (в процентах):

асбест в хлопьях	45	рецепт I
бакелитовый лак	30	
бракованная бумага	10	
чугунные опилки	5	
обрезки медной проволоки	5	
мумия	5	
асбест в хлопьях	55	рецепт II
чугунные опилки	10	
обрезки медной проволоки	5	
бакелитовый лак	30	

Колодки должны:

а) иметь коэффициент трения $\psi = 0{,}3$;

б) быть достаточно теплопроводными;

в) при температуре 250—300° С не обугливаться;

г) выдерживать удельное давление в 25 кг/см² без раздавливания.

Срок службы бакелитовой колодки на вагоне определяется пробегом от 35 до 40 тыс. км.

С 1945—46 гг. Главтрамваем Минкомхоза РСФСР начато внедрение в практику трамваев колодок для клещевых тормозов из пластической массы КФ-3, которые работают без смены 5—6 месяцев.

Тормозные тяги рассчитываются на растяжение. Напряжение на разрыв в целом месте тяги принимается 700—500 кг/см², а по резьбе — 450—500 кг/см².

Изогнутые тяги проверяются на изгиб и растяжение. Суммарное напряжение в этом случае принимается 800—850 кг/см².

Проушины тяги проверяются по формуле Ляме. Напряжение принимается 1000 кг/см².

Тормозные рычаги рассчитываются на изгиб. Напряжение на изгиб принимается 850—900 кг/см².

Передаточные валы рассчитываются на изгиб и кручение.

Части тормозной передачи должны подвергаться ежедневному осмотру, при котором производится замена изношенных колодок новыми и обязательная регулировка тормозной системы.

При ремонте тормозной системы заменяются изношенные втулки, валики, тормозные тяги, регулировочные муфты, башмаки, цепи ручного тормоза.

Тормозные траверсы выправляются по шаблону. Тормозные цепи и тяги подвергаются испытанию на растяжение.

Предельный износ втулок и валиков в эксплоатации допускается по 1 мм (зазор между валиком и втулкой 2 мм). При среднем периодическом ремонте могут выпускаться втулки с допуском +0,5 мм и валики с допуском — 0,5 мм.

Для вновь изготовленных тормозных тяг разрешаются допуски +2; —1 мм.

Тормозные тяги, выпущенные из среднего периодического ремонта, могут иметь допуск ± 2 мм.

Предельный износ тормозных тяг составляет 3 мм по диаметру.

Износ тормозных рычагов и траверс допускается: 2 мм при выпуске из среднего периодического ремонта и 3 мм в эксплоатации.

Зазор между бандажом и тормозной колодкой должен быть 2—3 мм.

85. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ТОРМОЗА

Пневматический (воздушный) тормоз на трамваях СССР преимущественно является служебным тормозом. Тормозное усилие от тормозного цилиндра передается на колодки посредством рычажной передачи.

На трамвае применяются три основных типа пневматических воздушных тормозов: а) прямодействующий, б) автоматический и в) комбинированный.

86. ПРЯМОДЕЙСТВУЮЩИЙ ТОРМОЗ

При прямодействующем тормозе (фиг. 83) торможение осуществляется путем впуска сжатого воздуха из резервуара *4* через кран машиниста *9* и тормозной цилиндр *7*.

Отторможение производится постановкой ручки крана машиниста на положение отпуска, при котором сжатый воздух из тормозного воздухопровода и тормозного цилиндра выпускается через шумоглушитель в атмосферу.

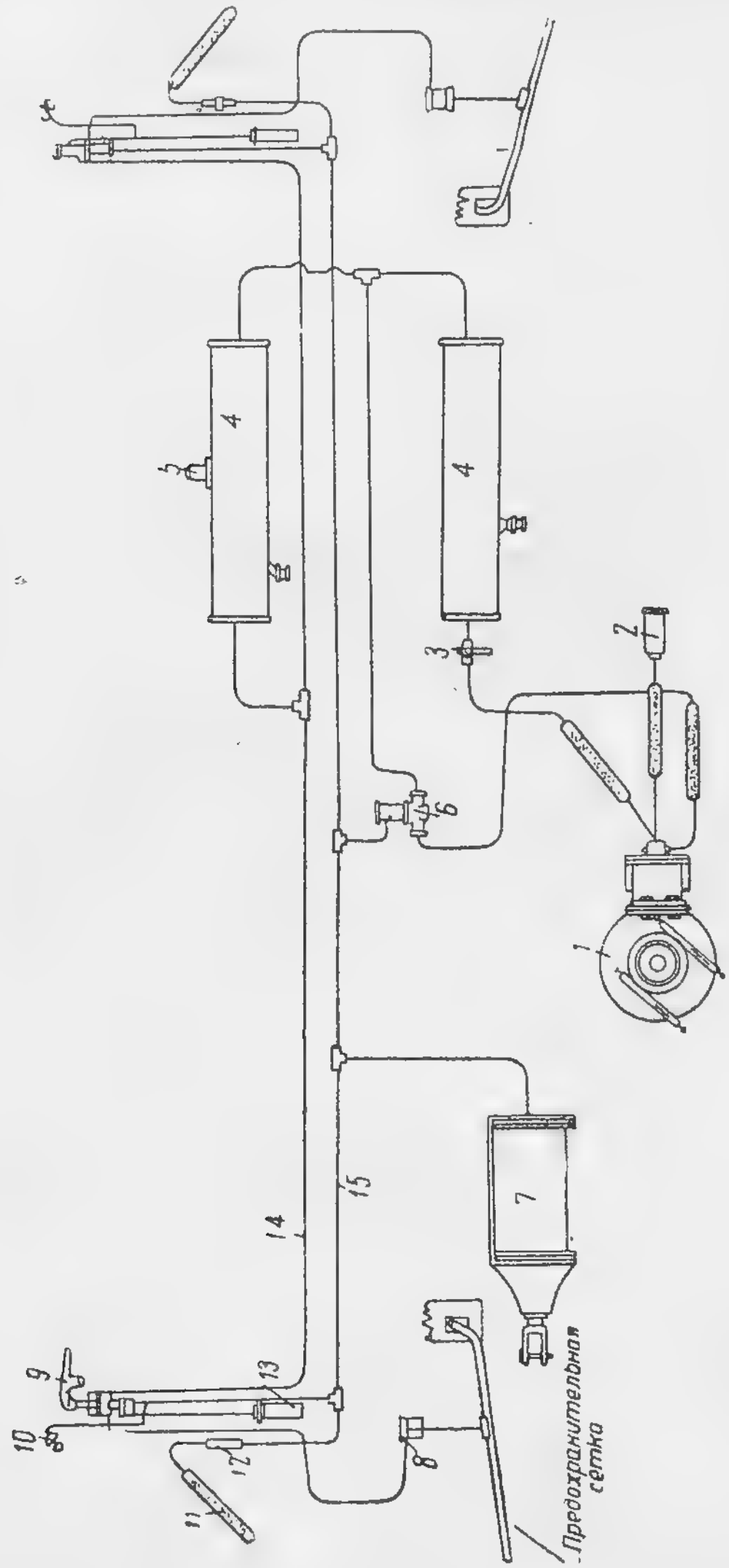
Кран машиниста прямодействующего тормоза имеет пять положений:

1) отпуск (поездное положение) с посыпкой песка;
2) перекрыша;
3) служебное торможение;
4) экстренное торможение;
5) экстренное торможение с опусканием предохранительной сетки и посыпкой песка.

Прямодействующий тормоз является самым простым и дешевым в эксплоатации из воздушных тормозов. Он имеет следующие преимущества: а) малую первоначальную стоимость оборудования; б) дешевую эксплоатацию; в) простоту обслуживания; г) эффективное торможение при различных скоростях движения поезда; д) легкое регулирование тормозной силы в зависимости от профиля пути, нагрузки и густоты уличного движения.

К недостаткам прямодействующего тормоза относятся: 1) прекращение тормозного эффекта при обрыве прицепного вагона; 2) значительный расход воздуха при торможении; весь воздух из тормозных цилиндров и воздухо-

проводов за каждое торможение выпускается в атмосферу; 3) замедленное торможение прицепных вагонов



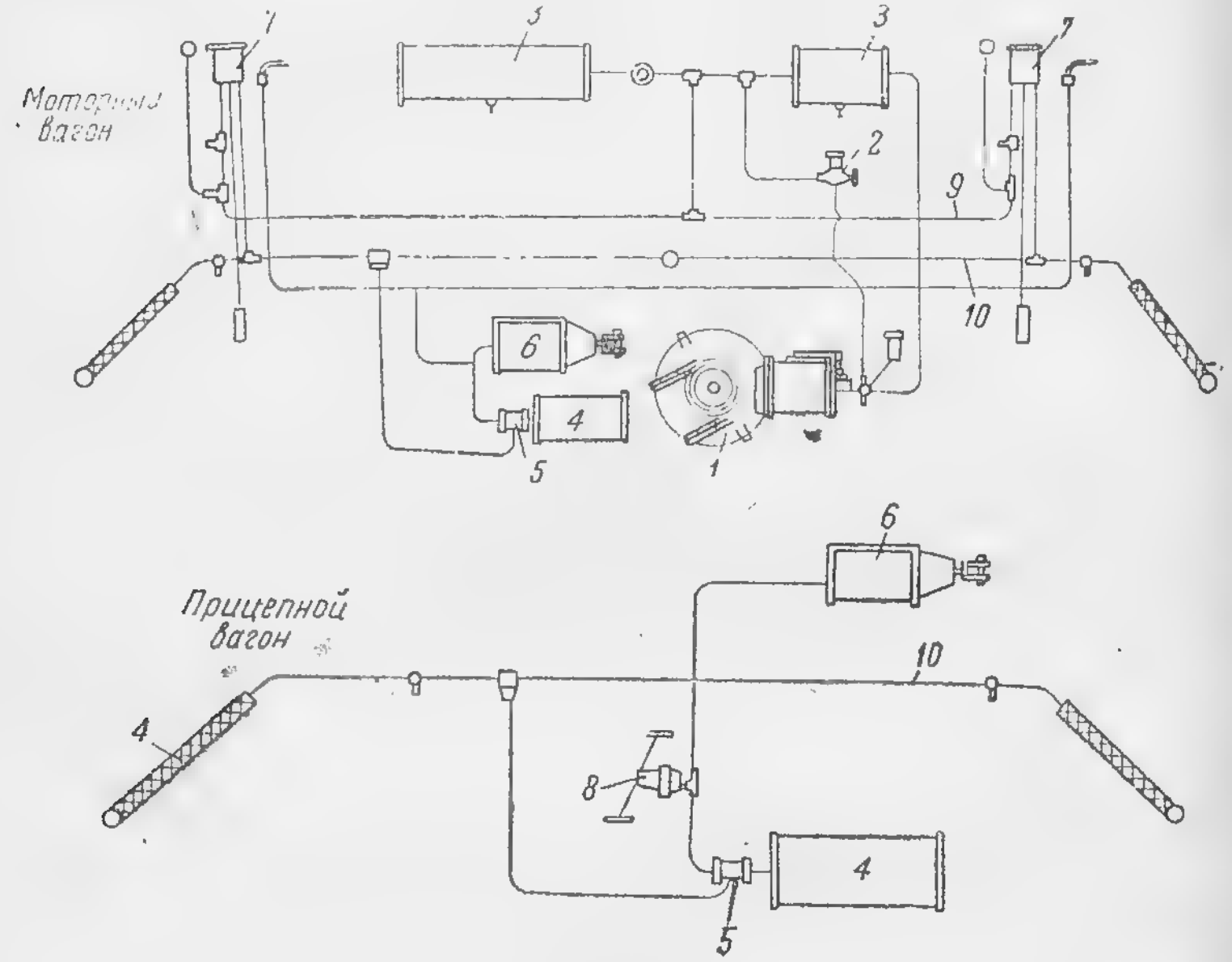
Фиг. 83. Схема прямодействующего тормоза:
1—компрессор; *2*—всасыватель; *3*—обратный клапан; *4*—воздушный резервуар; *5*—предохранительный клапан; *6*—регулятор давления; *7*—тормозной цилиндр; *8*—сеточный цилиндр; *9*—кран машиниста; *10*—манометр; *11*—междувагонный сцепной рукав; *12*—концевой кран; *13*—шумоглушитель; *14*—нагнетательный трубопровод; *15*—прямодействующий трубопровод.

в поезде, состоящем из трех и более вагонов; 4) резкое торможение при неопытном вагоновожатом.

87. АВТОМАТИЧЕСКИЙ ТОРМОЗ

Автоматический тормоз (фиг. 84) действует не только от крана машиниста, но может быть приведен в действие с прицепного вагона, а также при разрыве поезда.

При автоматическом тормозе на каждом вагоне устанавливается запасный воздушный резервуар с тройным клапаном. Тройной клапан (фиг. 85) имеет две камеры.



Фиг. 84. Схема автоматического тормоза:

1—компрессор; *2*—регулятор давления; *3*—главный резервуар; *4*—вспомогательный резервуар; *5*—тройной клапан; *6*—тормозной цилиндр; *7*—кран машиниста; *8*—отпускной клапан; *9*—нагнетательный трубопровод; *10*—автоматический трубопровод; *11*—междувагонный сцепной рукав.

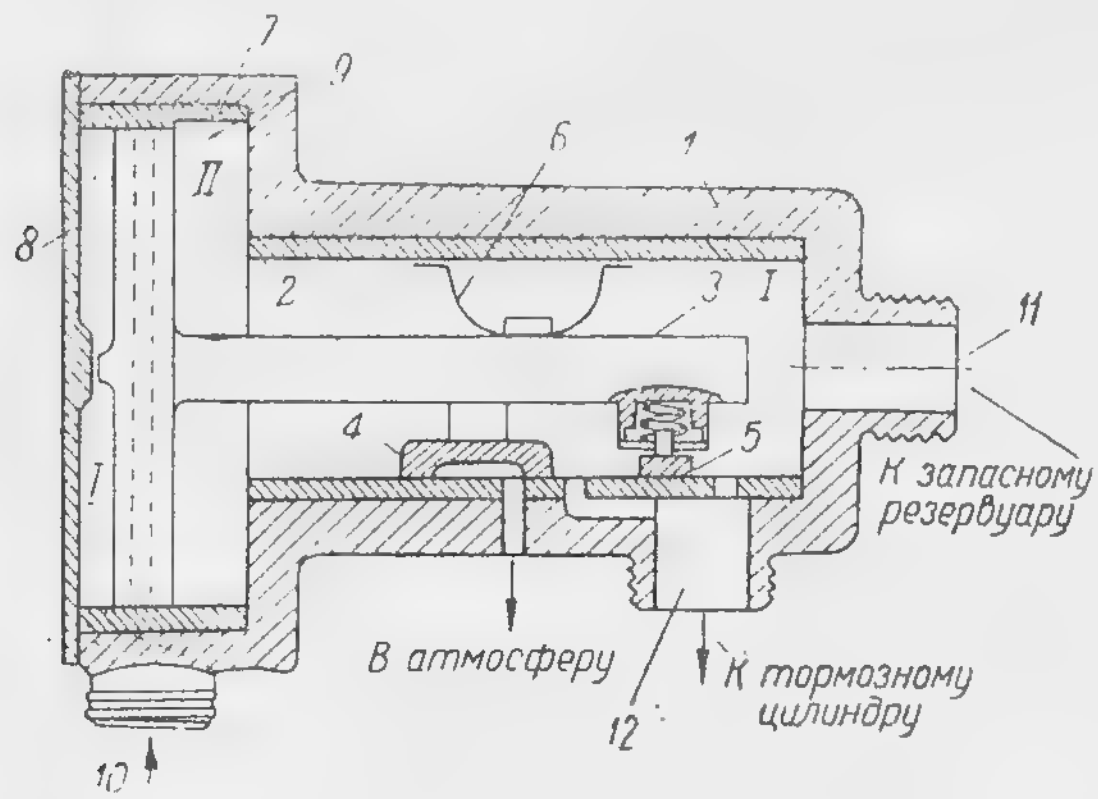
Камера II соединяется с поездной трубой *10* и краном машиниста, камера I постоянно соединена с запасным резервуаром, а при помощи золотников *4* и *5* сообщается с тормозным цилиндром, который может сообщаться с атмосферой.

Когда в камере II полное давление, поршень тройного клапана *3* занимает крайнее правое положение, соответствующее оттормożению системы. В этот момент запасный резервуар наполняется сжатым воздухом, а тормозной цилиндр сообщается с атмосферой.

При понижении давления в камере II поршень занимает крайнее левое положение; золотник *4* закрывает отверстия, сообщающие тормозной цилиндр с атмосферой, а золотник *5* соединяет запасный резервуар с тормозным цилиндром.

Кран машиниста автоматического тормоза имеет шесть положений:

1) отпуск с посыпкой песка;
2) отпуск (поездное положение);
3) перекрыша;
4) служебное торможение;
5) экстренное торможение;
6) экстренное торможение с посыпкой песка и опусканием предохранительной сетки.



Фиг. 85. Тройной клапан:

1—корпус; *2*—бронзовая втулка; *3*—поршень; *4*, *5*—золотники; *6*—пружина; *7*—направляющая втулка; *8*—крышка; *9*—вырез во втулке; *10*, *11* и *12*—патрубки.

Автоматический тормоз экономно расходует воздух и обеспечивает безопасность движения при отрыве прицепных вагонов, но имеет следующие недостатки:

а) невозможность легкого регулирования тормозной силы;

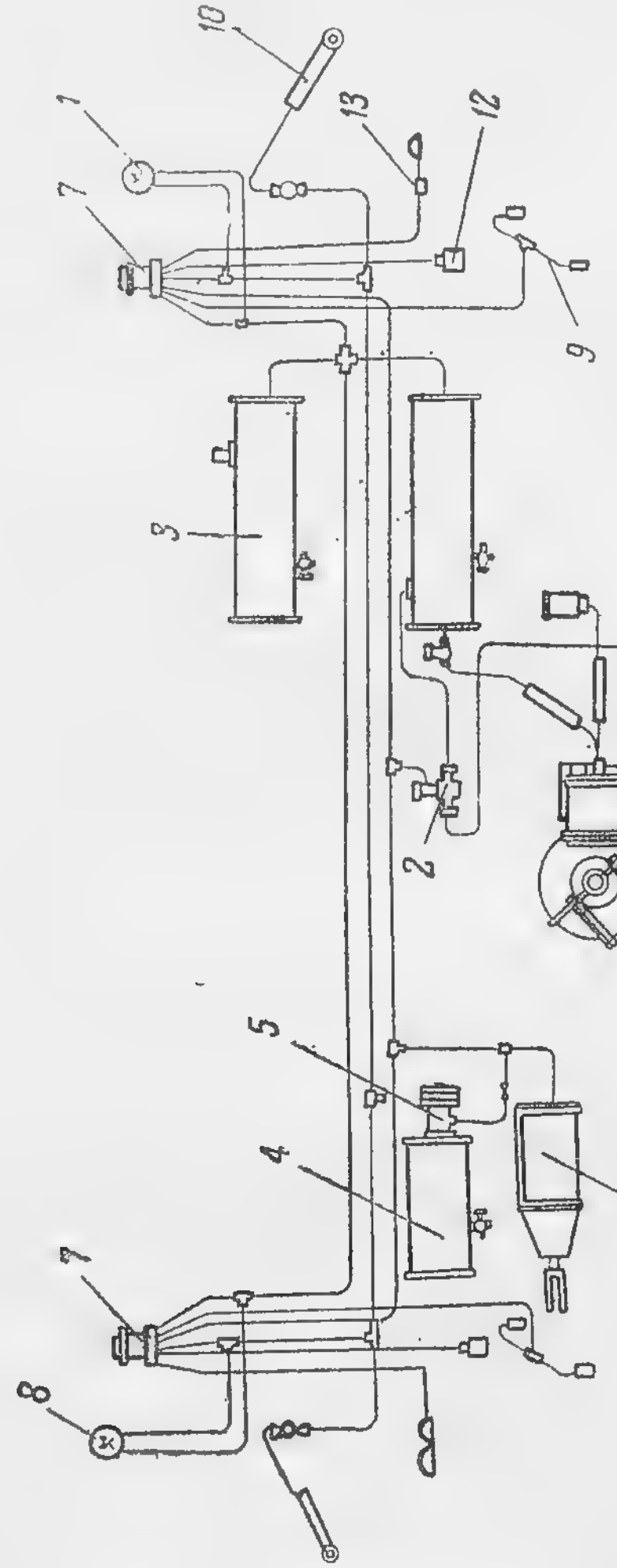
б) продолжительность обучения управлению тормозом вагоновожатых;

в) сложность системы и большие затраты на первоначальное оборудование;

г) дороговизну эксплоатации;

д) скольжение колес на рельсах (юз) при экстренном торможении;

е) самоторможение при неисправности тройного клапана.



1—компрессор; *2*—регулятор давления; *3*—главный резервуар; *4*—вспомогательный резервуар; *5*—тройной клапан; *6*—тормозной цилиндр; *7*—кран машиниста; *8*—манометр; *9*—сеточные цилиндры; *10*—междувагонный сцепной рукав; *11*—манометр; *12*—шумоглушитель; *13*—звонковой вибратор.

Фиг. 86. Комбинированный тормоз:

88. КОМБИНИРОВАННЫЙ ТОРМОЗ

Комбинированный тормоз (фиг. 86) представляет сочетание автоматической и прямодействующей системы.

Кран машиниста комбинированного тормоза имеет восемь положений:

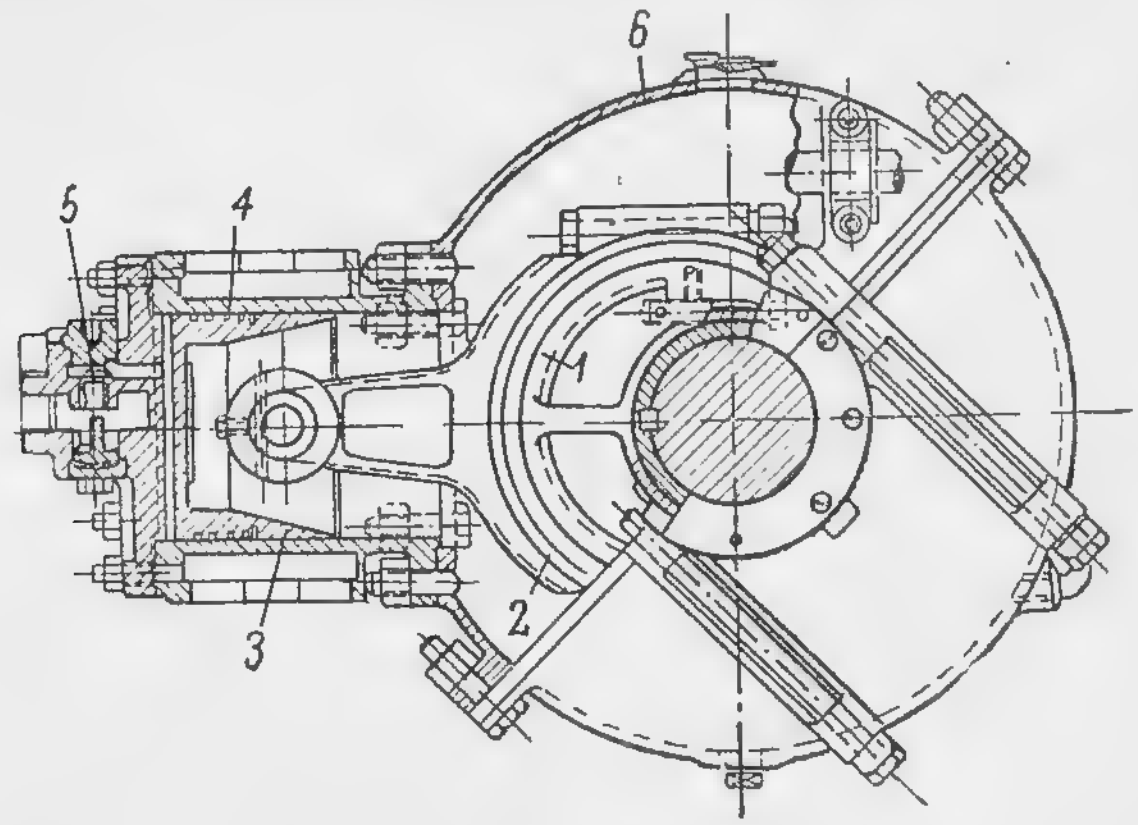
1) отпуск с посыпкой песка на рельсы;
2) полный отпуск;
3) медленный отпуск;
4) перекрыша;
5) прямодействующее или комбинированное (прямодействующее с автоматическим) торможение;
6) автоматическое или комбинированное торможение;
7) комбинированное экстренное торможение;
8) то же с опусканием предохранительной сетки и посыпкой песка.

Комбинированный тормоз сложнее автоматического и дороже в эксплоатации. Поэтому он имеет ограниченное применение. На прицепном вагоне оборудование при комбинированном тормозе такое же, как и при автоматическом.

На трамвайных вагонах СССР применяется преимущественно тормоз прямодействующей системы, и только некоторые трамвайные предприятия (Ленинград, Баку, Киев) имеют тормоза комбинированной системы.

89. КОМПРЕССОРЫ

Основным типом компрессора на трамвайных вагонах СССР является осевой компрессор (фиг. 87), который со-

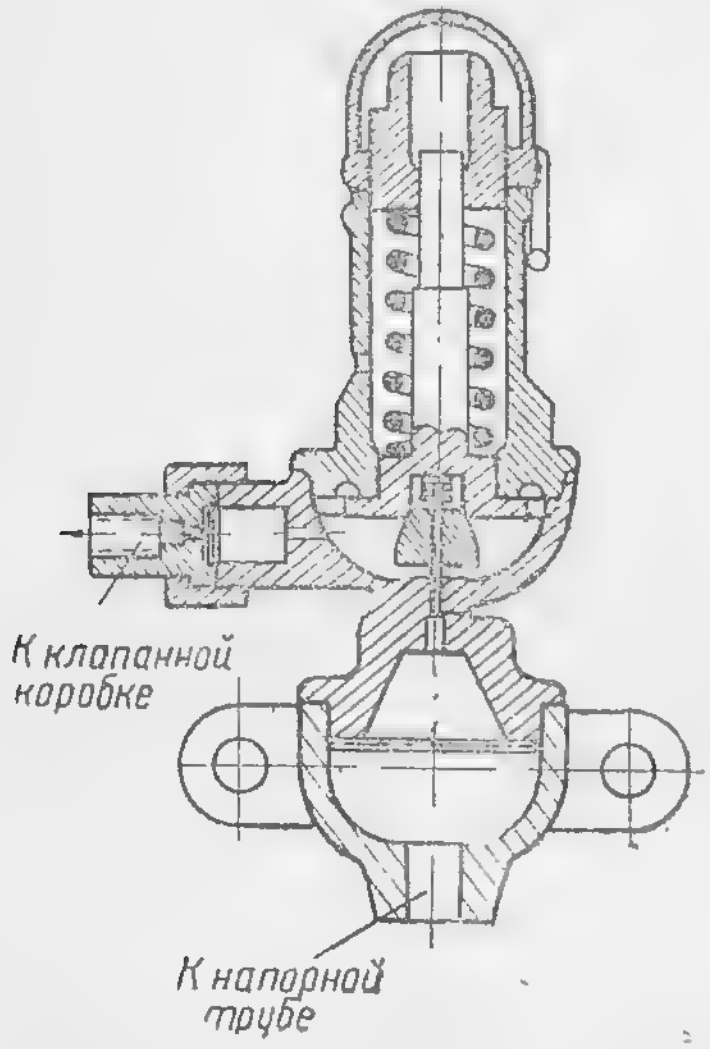


Фиг. 87. Осевой компрессор.

стоит из: эксцентрика *1*, хомута *2*, эксцентрика поршня *3*, цилиндра *4*, клапанной коробки *5* и кожуха *6*,

Осевой компрессор соединен с вагонной осью и работает непрерывно, вне зависимости от расхода воздуха. Поэтому износ его деталей (поршневых колец, поршня, цилиндра и подшипников) происходит сравнительно быстро. Эксплоатация такого компрессора обходится дорого.

При осевых компрессорах регулятор давления (фиг. 88) присоединяется к нагнетательному воздухопроводу и регуляторному клапану клапанной коробки.



Фиг. 88. Регулятор давления.

При повышении давления в системе регуляторный клапан открывается. Попадающий в него сжатый воздух приподнимает регуляторный и всасывающий клапаны, и компрессор начинает работать вхолостую.

На моторных вагонах, при колее в 1000 мм, осевой компрессор на оси расположить нельзя. Поэтому в вагонах метровой колеи снаружи на буксе устанавливается осебуксовый компрессор.

В табл. 58 приведены допуски основных частей осевого компрессора.

Более современным типом компрессора является моторкомпрессор. На трамваях СССР применяются моторкомпрессоры двух типов: с непосредственным соединением компрессора с мотором (фиг. 89) и с зубчатой передачей.

Двигатель моторкомпрессора постоянного тока напряжением 600 в, мощностью от 3 до 6 квт. Двигатель включается в отдельную цепь с двумя выключателями, предохранителями и электропневматическим регулятором давления.

Электропневматический регулятор давления автоматически выключает моторкомпрессор при достижении в системе предельного давления, при понижении давления до нижнего предела автоматически включаются контакты регулятора, и моторкомпрессор начинает работать.

Основные данные моторкомпрессоров приведены в табл. 59.

Таблица 58

Допуски основных частей осевого компрессора ярославского типа и типа Кнорра

№ п/п.	Наименование частей и размеры	Предельные допуски, мм	
		при среднем периодическом ремонте	в эксплоатации
1	Суммарный зазор между кожуховым пальцем и эксцентриком	+0,5	+1,5
2	Диаметр посадочной поверхности хомута под хомутовое кольцо	+0,1	+0,15
3	Ширина посадочной поверхности хомутового кольца	—0,1	—0,15
4	Внутренний диаметр втулки хомута	+0,3	+0,5
5	Палец поршня (диаметр во втулке хомута)	—0,3	—0,5
6	Зазор между кольцом и поршнем	+0,06	+0,1
7	Зазор между крышкой и поршнем в цилиндре (вредное пространство)	+1,5	+1,5
8	Диаметр отверстия под клапан в клапанной коробке	+0,2	+0,4
9	Диаметр клапана	+0,2	+0,4
10	Суммарный зазор между клапаном и клапанным отверстием	+0,2	+0,4
11	Диаметр клапана выключателя	+0,15	+0,25
12	Суммарный зазор по диаметру между поршнем и цилиндром	+0,5	+0,5
13	Толщина стенки цилиндра	5,0	5,0
14	Ширина шпоночной канавки для эксцентрика	+0,4	+0,5

90. ПРИБОРЫ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ТОРМОЗОВ

Воздушные резервуары устанавливаются и рассчитываются так, чтобы после повторных 3—4 торможений понижение давления в системе было не более, чем на 1 атм.

Обычно на моторных вагонах устанавливают по два главных воздушных резервуара. При автоматической и комбинированной системах кроме двух главных резервуаров устанавливают по одному вспомогательному резервуару.

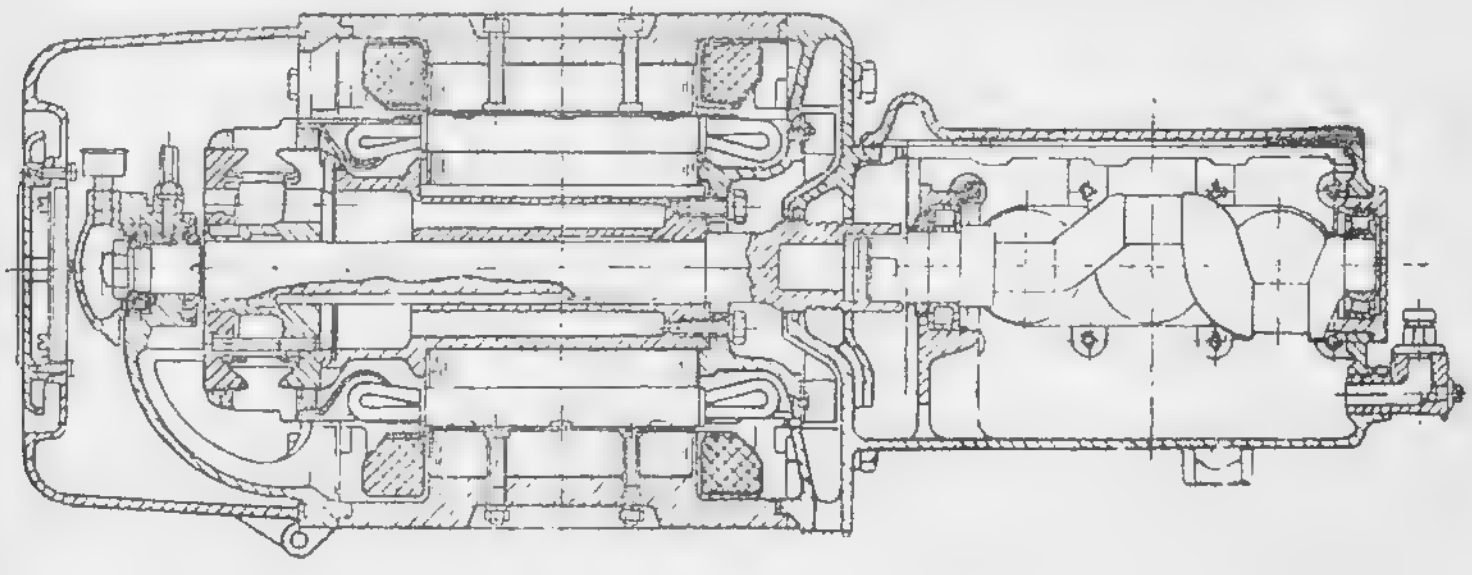
Рабочее давление сжатого воздуха в системе при торможении принимается на двухосных вагонах $3 \div 3{,}5$ атм,

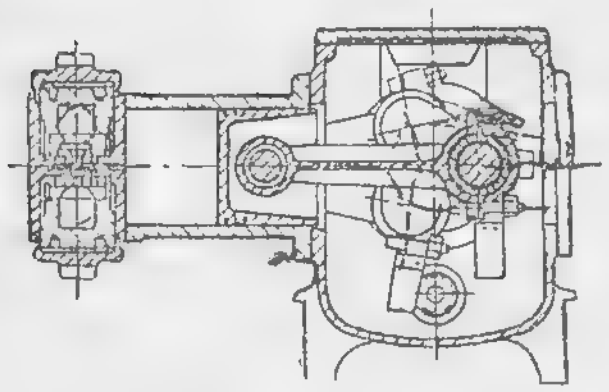
Таблица 59

Основные данные моторкомпрессоров

Фирма	Тип	Напряжение мотора, в	Мощность мотора, квт	Количество оборотов в минуту: мотора	Количество оборотов в минуту: коленчатого вала	Объем всасываемого воздуха, л/мин	Габаритные размеры, мм: длина	Габаритные размеры, мм: ширина	Габаритные размеры, мм: высота	Вес, кг	Коэффициент полезного действия	Производительность, л/мин
Ярославский завод . .	Э-300	500	2,1	1200	233	425	768	640	758	280	0,71	295
Кнорр	V-56/60 G	550	2,9	600	600	560	1016	477	366	310	0,68	380
Кнорр	VV F-70 G	110	4,5	1450	175	700	—	—	—	356	0,71	500
Вестингауз	СМ	1500	9,0	1200	244	1075	1041	830	724	560	0,72	775
Джии	СР-25	600	1,9	1200	244	283	706	534	414	223	0,68	200
Джии	СР-27	600	2,8	1094	200	425	740	645	456	283	0,71	300

на четырехосных вагонах — 4 ÷ 4,5 атм. Максимальное давление, допускаемое на трамвайных вагонах, —





Фиг. 89. Мотор-компрессор типа Кнорра.

6 ÷ 6,5 атм, минимальное давление (согласно правилам технической эксплоатации) — не ниже 3 атм.

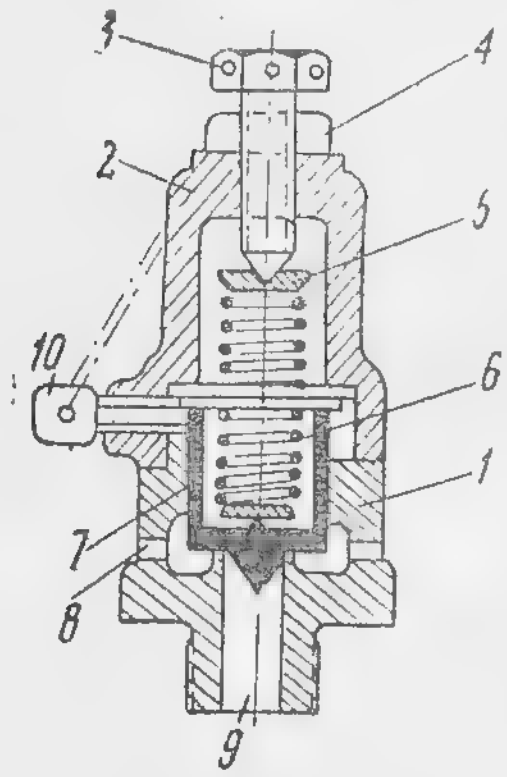
Размеры и емкость резервуаров приведены в табл 60.

Таблица 60

Размеры воздушных резервуаров

Вагоны	Размеры резервуаров, мм			Число резервуаров на вагон	Емкость резервуаров, л
	длина	диаметр	толщина стенок		
Моторный двухосный московского типа	1175	305	4,8	2	78
Моторный четырехосный сормовского типа	1194	305	3,25	2	78
рабочий резервуар Мытищенской серии Х и Усть-Катанского завода	660	299	3,0	1	16,5
Моторный двухосный ленинградского типа	1175	305	4,8	2	78
главный резервуар	660	305	4,8	2	38,25
вспомогательный резервуар	620	254	4,8	1	24,5
Прицепной с автоматическим тормозом	620	354	4,8	1	24,5

Воздушные резервуары через каждые 2 года испытываются под гидравлическим давлением в 12 кг/см². Данные об испытании заносятся в паспорт резервуара.



Фиг. 90. Предохранительный клапан:
1—нижняя часть корпуса; *2*—верхняя часть корпуса; *3*—болт; *4*—контргайка; *5*—тарелка; *6*—пружина; *7*—клапан; *8*—отверстие в атмосферу; *9* — соединительный патрубок с главным резервуаром; *10*—пломбировочный болт.

Предохранительный клапан устанавливается на нагнетательном воздухопроводе, обычно на главном резервуаре (фиг. 90), и регулируется при среднем периодическом ремонте.

При повышении давления на 1 атм. выше предельного предохранительный клапан открывается и выпускает воздух в атмосферу.

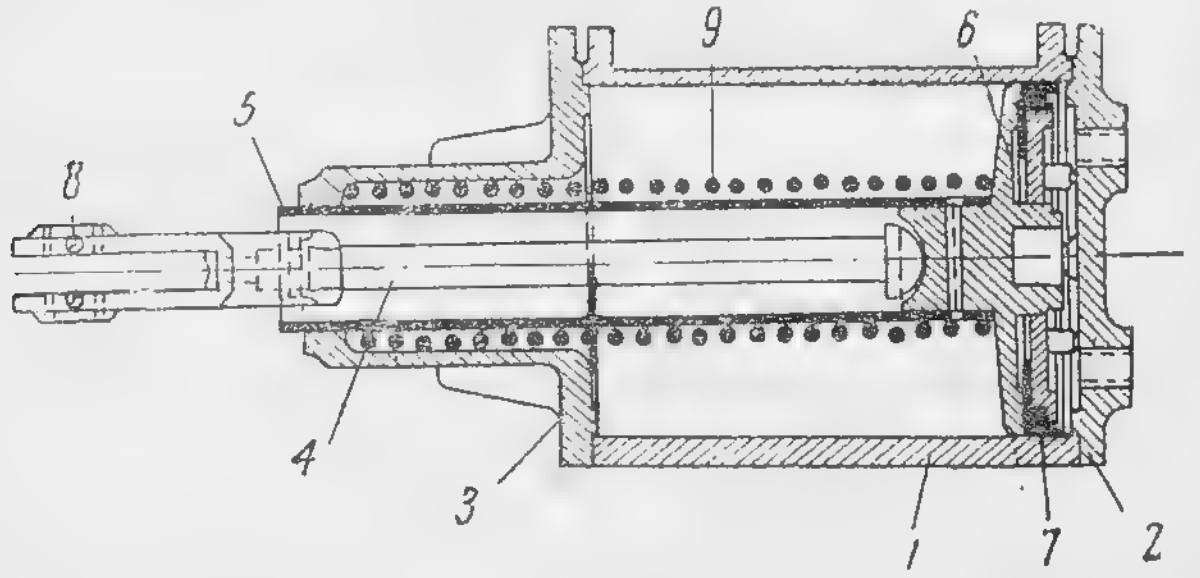
Тормозной цилиндр (фиг. 91) устанавливается на вагонах и служит для передачи усилия на тормозную передачу при торможении.

Основные данные тормозных цилиндров приведены в табл. 61.

Кран машиниста (фиг. 92) служит для управления воздушным тормозом. Для каждого типа тормоза применяется кран машиниста особой конструкции.

Всасыватель на всасывающей трубе компрессора служит для фильтрации воздуха, засасываемого компрессором.

Маслоотделитель или конденсатор устанавливается на кузове вагона и присоединяется к нагнетательному трубопроводу между нагнетательным рукавом



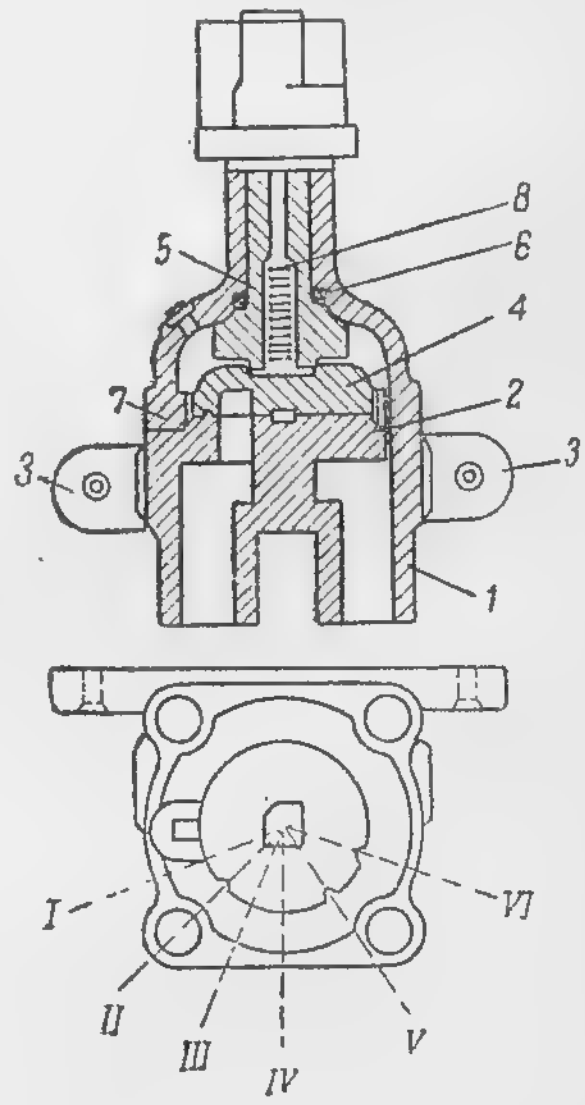
Фиг. 91. Тормозной цилиндр:
1—корпус; *2*—задняя крышка; *3*—передняя крышка; *4*—поршневой шнек; *5*—труба; *6*—поршень; *7*—манжет; *8*—вилка; *9*—пружина.

компрессора и первым воздушным резервуаром. Маслоотделитель служит для собирания смазки и конденсированной влаги из воздуха.

Редукционный клапан служит для установления в воздухопроводе двух давлений: высокого и низкого. Он соединяется с резервуарами высокого и низкого давления (рабочий резервуар). Регулируется клапан по потребности.

Обратный клапан разобщает нагнетательный рукав компрессора от первого воздушного резервуара для предупреждения утечки воздуха через компрессор. Обратный клапан присоединяется к нагнетательной трубе от компрессора и первого резервуара.

Звонковый вибратор служит для ножных звонков и устанавливается под полом площадки моторного вагона у рабочего места вагоновожатого. Вибратор через специальный клапан соединяется с нагнетательной трубой. При нажатии ногой на педаль клапана сжатый воздух поступает в вибраторы, и ножной звонок начинает звонить.



Фиг. 92. Кран машиниста:
1 — колонка; *2* — зеркало золотника; *3* — ушки; *4* — золотник; *5* — золотниковый шнек; *6* — прокладка из кожи; *7* — колпак; *8* — пружина.

Манометр служит для контроля давления сжатого воздуха в воздухопроводе. Манометр проверяется представителем палаты мер и весов (раз в два года) и пломбируется.

91. ИСПЫТАНИЕ ПРИБОРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ТОРМОЗОВ

Для нормальной работы воздушнотормозного оборудования необходимо иметь испытательную станцию, где можно испытывать клапанные коробки компрессора, тормозные цилиндры, предохранительные, обратные и редукционные клапаны, регуляторы давления, тройные клапаны, манометры и пр.

Пневматическая испытательная станция (фиг. 93) должна иметь: компрессор *К*; главный воздушный резервуар *А*

Таблица 61

Основные размеры тормозных цилиндров

Тип цилиндра	Размеры					Вес, кг
	А, мм	*Б*, мм	Ход поршня или сердечника соленоида, мм	*Д*	*в*, мм	
Вестингауз (установлен на прицепных вагонах серии „С", „М" и др.)	260	596	120	8 203 мм	9,5	51
Вестингауз (установлен на моторных двух- и четырехосных вагонах)	310	600	150	10 254 мм	9,5	72
Кнорра (установлен на прицепных двухосных вагонах)	260	600	120	8 203 мм	9,5	52

емкостью 100 л; вспомогательный резервуар *Б* емкостью 40 л; второй вспомогательный резервуар *В* емкостью 2 л; кран машиниста *У*; контрольный манометр *М* высокого давления (до 12 атм.); контрольный предохранительный клапан *П*; контрольный редукционный клапан *Р*; контрольные манометры M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7 до 6 атм.; трехходовые краны *Н*, H_1 и H_2; контрольный тормозной цилиндр *Т*; редукционные клапаны $P_и$ и P_1.

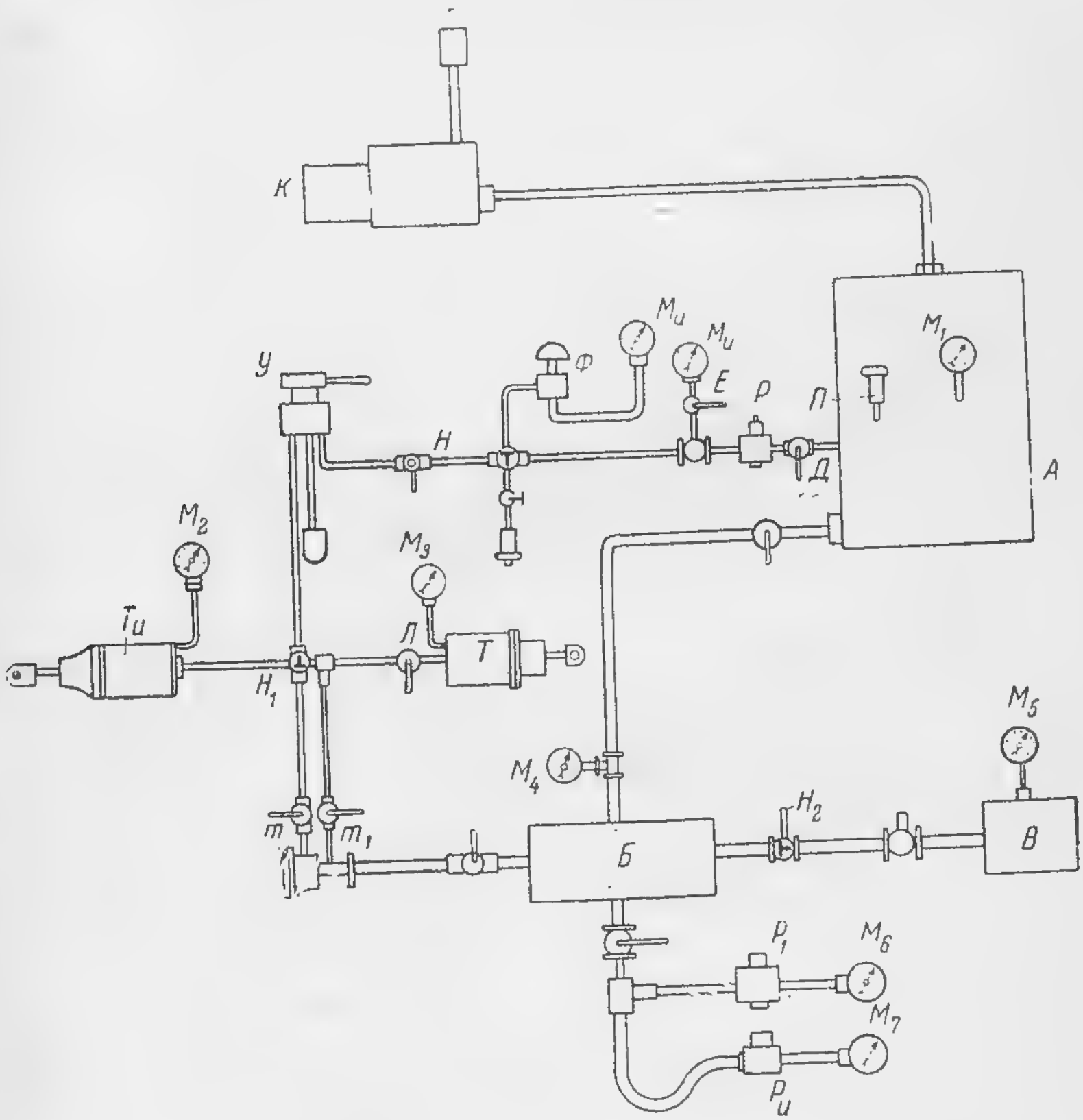
Испытания клапанных коробок производятся на стационарно установленном компрессоре *К*, а испытания предохранительных клапанов *П* у крана *Д* путем постановки на ниппель. При открывании крана *Д* наблюдают за показанием контрольного манометра M_1. Давление, при котором действует предохранительный клапан, должно быть на 1 атм. больше, чем давление, на которое устанавливается регулятор давления *Ф*.

Регулятор давления *Ф* испытывается по контрольному манометру $M_и$.

Для испытания редукционного клапана $P_и$ его устанавливают рядом с контрольным клапаном P_1. Регулировку редукционного клапана производят по контрольным манометрам M_6 и M_7.

Манометры испытываются у крана *Е*.

При испытании тормозного цилиндра *Т* его присоединяют к трубе, идущей от крана машиниста *У*, и устанавливают на цилиндре контрольный манометр M_2. Тормозной ци-



Фиг. 93. Испытательная пневматическая станция.

линдр испытывается на плотность поршня при давлении воздуха в 5 атм.

После наполнения тормозного цилиндра воздухом кран H_1 закрывают и следят в течение 5 мин. за падением давления, которое не должно превышать 0,06 атм.

Обратные клапаны испытываются у резервуара *В*; давление резервуара поддерживается в 6 атм. через трехходовой кран H_2.

При установлении давления по манометру M_5 в 6 атм. трехходовой кран H_2 сообщается с атмосферой. Падение давления в резервуаре B при этом не должно быть более 0,07 атм. в течение 5 мин.

Тройные клапаны испытываются присоединением к трубам $т$ и $т_1$.

При постановке крана машиниста $У$ на тормозное положение наблюдают по манометрам M_3 и M_4 за работой золотников тройного клапана.

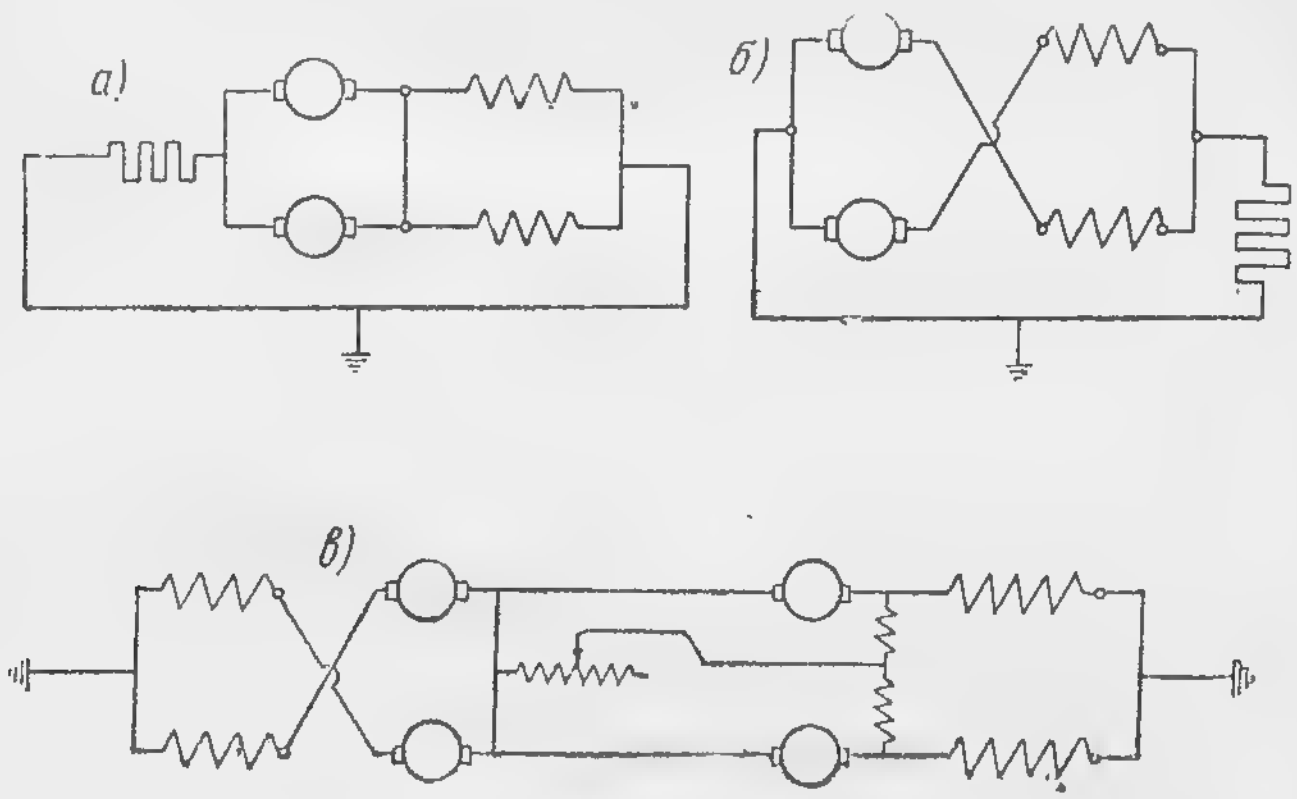
При постановке ручки контрольного крана машиниста на поездное положение наблюдают по контрольным манометрам за давлением воздуха в запасном резервуаре $Б$.

Золотники крана машиниста испытываются на контрольном кране машиниста.

92. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

В трамвайных вагонах применяются: а) реостатный тормоз, б) электромагнитный рельсовый тормоз и в) рекуперативный тормоз.

Реостатный тормоз на вагонах старых конструкций применяется для экстренного торможения, а на современных

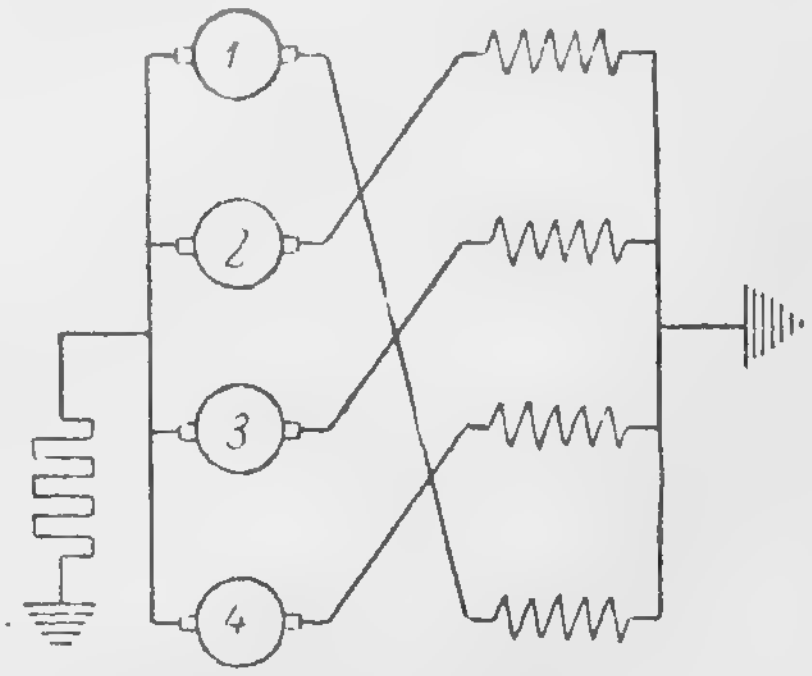


Фиг. 94. Схемы электрического торможения.

вагонах он служит рабочим тормозом. В случае применения реостатного тормоза, на прицепном вагоне устанавливается соленоид, включенный параллельно в цепь электрического тормоза. Тормозное усилие от соленоида рассчитывается в пределах 350—750 кг, в зависимости от веса прицепного вагона.

К недостаткам реостатного тормоза относятся: а) невозможность эффективного торможения при малых скоростях поезда; б) невозможность окончательной остановки поезда без другого вида тормоза.

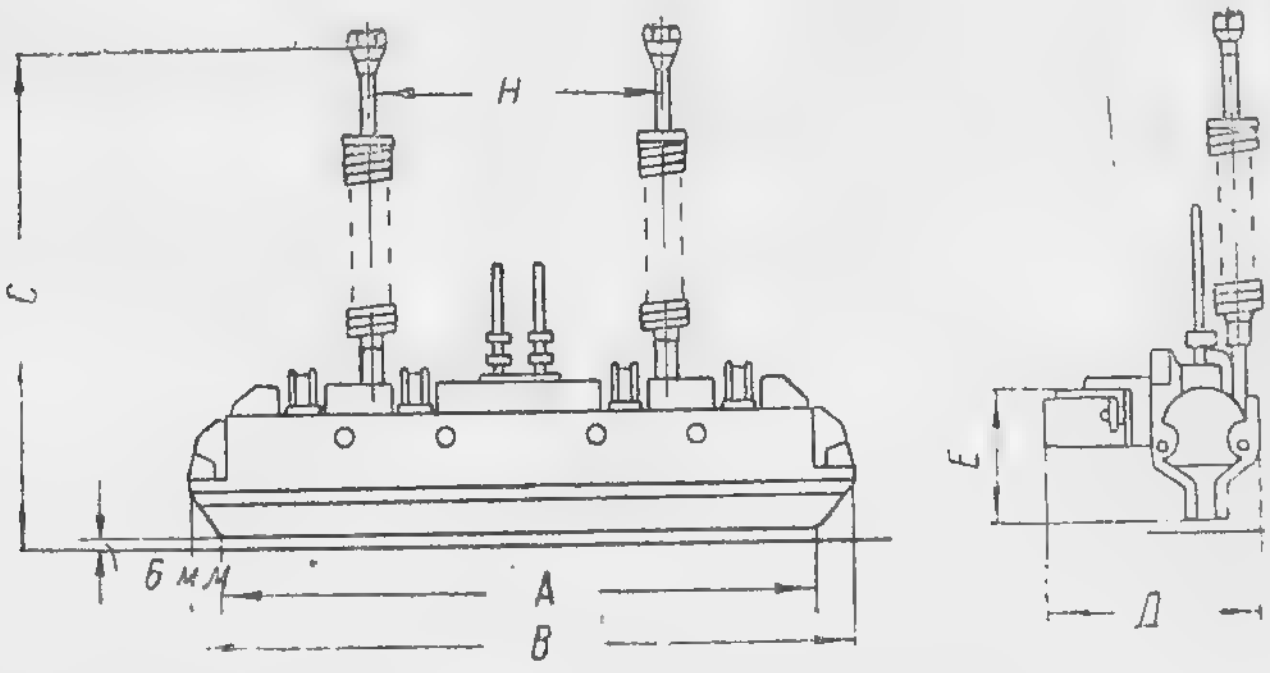
Преимуществами электрического реостатного торможения являются: а) экономия расхода тормозных колодок; б) увеличение срока службы бандажей; в) сокращение расходов на содержание тормозной системы.



Фиг. 95. Схема электрического торможения (циклическая).

Для электрического реостатного торможения применяются схемы: а) с уравнительным проводом (фиг. 94, а) б) перекрестная (фиг. 94, б) и в) комбинированная (фиг. 94, в).

Схема с уравнительным проводом при наличии двух двигателей с неодинаковыми характеристиками допускает появление в цепи якорей уравнительных токов.



Фиг. 96. Электромагнитный рельсовый тормоз.

Быстроходный двигатель при этом разгружается, а тихоходный — перегружается. При нарушении контакта или разрыве цепи якоря одного из двигателей, работающего генератором, торможение можно производить вторым генерато-

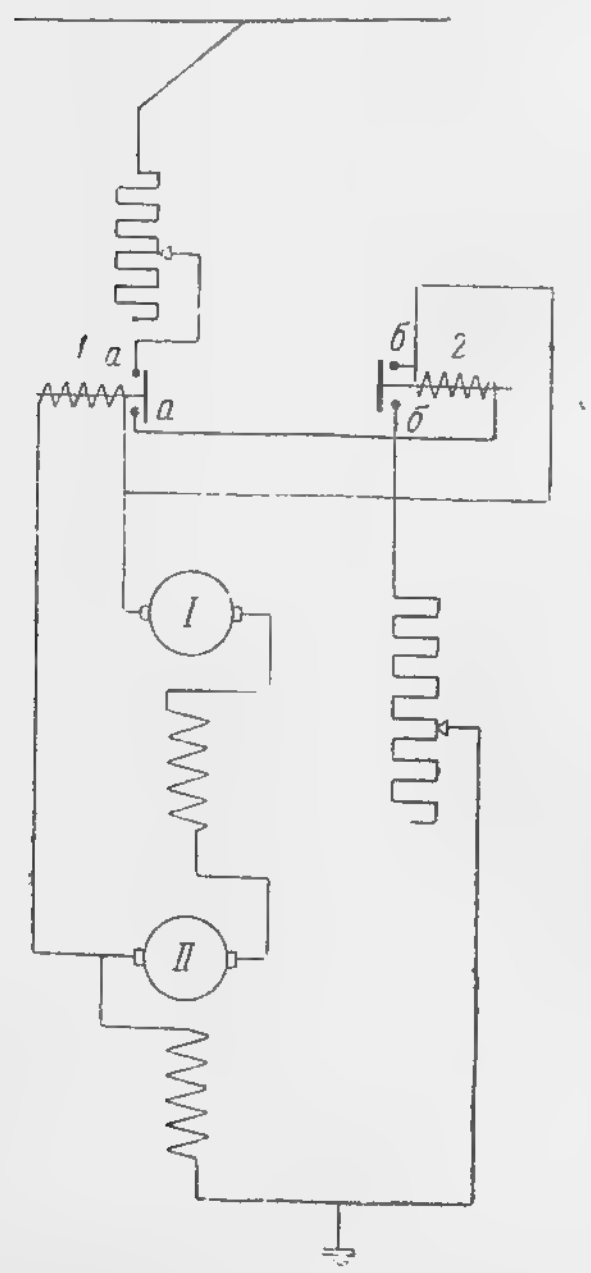
Таблица 62

Габаритные размеры электромагнитных рельсовых тормозов завода „Динамо“ им. Кирова

Наименование типов	*A*	*B*	*C*	*Д*	*E*	*H*
ТРМ-1А	750	850	680	269	168	370
ТРМ-2А	1020	1120	680	273	168	555

ром. Это является преимуществом схемы с уравнительным проводом.

При схеме с перекрестным соединением обмоток возбуждения двигатели при тормозном режиме загружаются равномернее, чем в случае применения схемы с уравнительным проводом. При перекрестной схеме неодинаковость характеристик двух двигателей вызывает перераспределение нагрузок между ними, и разница в нагрузках машин не превышает 10 ÷ 11%.



Фиг. 97. Схема рекуперации при сериесных двигателях.

Недостаток перекрестной схемы заключается в полном бездействии тормоза при обрыве тормозной цепи или поломке вала одного из двигателей.

Схема электрического торможения при четырех двигателях (фиг. 95) называется циклической, имеет тот же недостаток, что и перекрестная: при нарушении контакта в цепи одного из двигателей торможение прекращается.

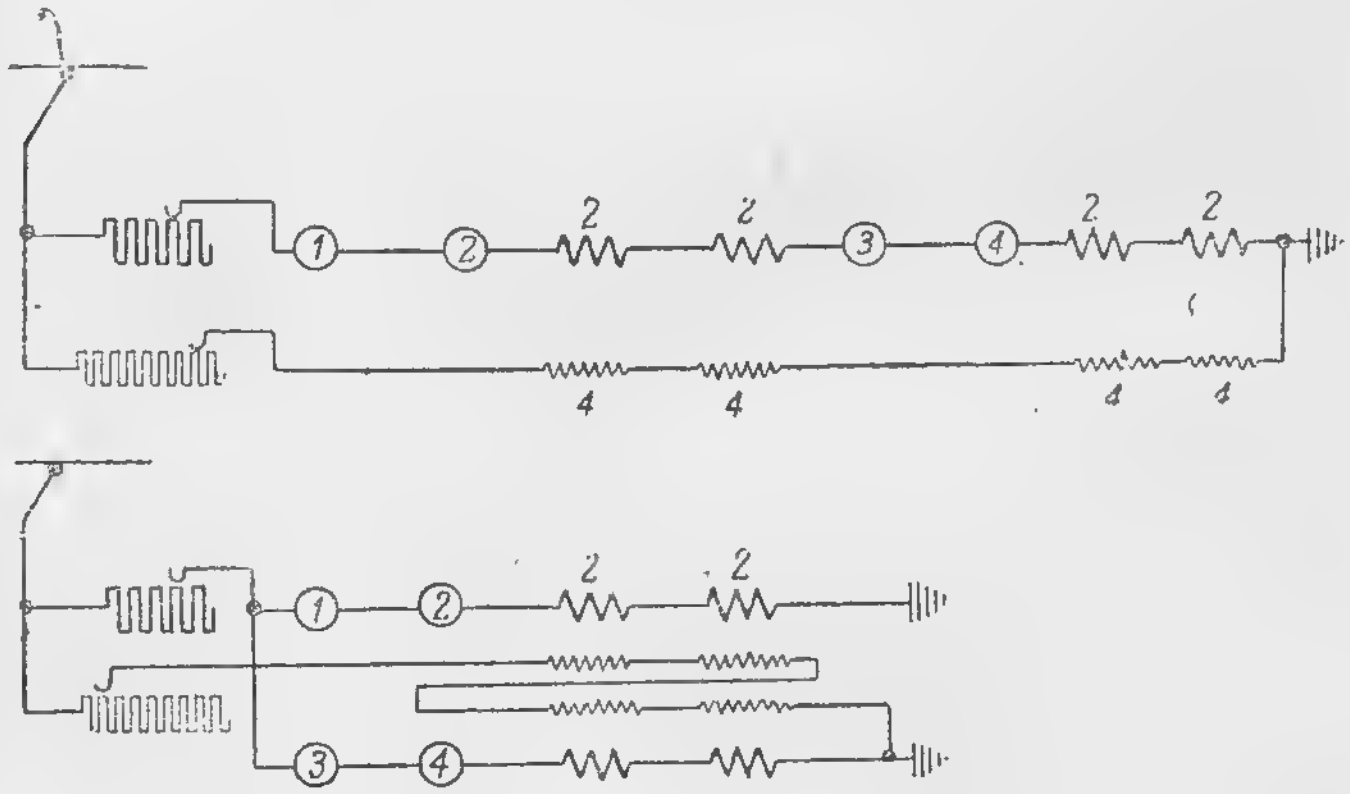
В этом отношении комбинированная схема более устойчива.

Электромагнитные рельсовые тормоза применяются в виде стальных башмаков с электромагнитами, подвешенными к раме тележки (фиг. 96).

Электромагниты имеют шунтовые катушки, питаемые током от сети. Иногда катушки электромагнитов делаются

двойными, причём шунтовая обмотка питается от сети, а сериесная (при реостатном торможении) — от двигателей. Преимуществом рельсового тормоза является независимость тормозной силы от силы сцепления колес вагона с рельсами. В табл. 62 приведены данные электромагнитных тормозов завода «Динамо» им. Кирова.

К преимуществам рекуперативного торможения при оборудовании с компаундными двигателями относятся: а) экономия электроэнергии от 20 до 30%; б) плавное торможение без действия колодок и экономия колодок и бандажей; в) сохранность рельсовых путей и подвижного состава, благодаря отсутствию толчков и сотрясений при торможении.



Фиг. 98. Схема рекуперации с четырьмя компаундными двигателями

Рекуперация при сериесных двигателях показана на фиг. 97. В силовую цепь включены два реле *1* и *2*. Когда напряжение у машин ниже напряжения контактной сети, реле *1* отключает машины от сети и они работают как при реостатном торможении. Когда напряжение у машин выше напряжения сети, реле *1* замыкает контакты *а—а*, а реле *2* разрывает контакты *б—б*, и машины начинают работать на сеть.

На фиг. 98 показана схема рекуперативного торможения с четырьмя компаундными двигателями типа ДКТ-50, применяемая на вагонах киевского трамвая, оборудованных заводом «Динамо» им. Кирова.

Как видно из схемы, двигатели (по 275 в) включены последовательно. Также последовательно включены катушки шунтового возбуждения.

При параллельном соединении двигателей они включаются по два последовательно. Рекуперативное торможение наступает при обратном передвижении рукоятки главного барабана контроллера на положениях последовательного включения.

93. ТЯГОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

К тяговым двигателям предъявляются следующие требования:

а) развитие максимального тягового усилия при трогании поезда с места;

б) широкое регулирование вращающего момента и скорость вращения при минимальном расходе электроэнергии;

в) плавное изменение тяговых усилий в соответствии с изменяющимися сопротивлениями при движении поезда.

Этим условиям удовлетворяют сериесный и компаундный двигатели постоянного тока.

Шунтовые двигатели в электрической тяге не применяются.

Основными величинами, характеризующими тяговый двигатель, являются: а) вращающий момент, б) мощность, в) число оборотов, г) коэффициент полезного действия.

94. МОЩНОСТЬ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА

Наибольшая мощность, развиваемая на валу тягового двигателя, при которой он может непрерывно в течение часа работать на неподвижной установке при закрытых люках (при условии, что отдельные его части не перегреваются выше норм), называется часовой мощностью.

Ток, соответствующий часовой мощности, называется часовым током.

Часовая мощность и часовой ток указываются в паспорте двигателя.

Наибольшая мощность, развиваемая на валу тягового двигателя, при которой он может длительное время работать на неподвижной установке при закрытых люках (при условии, что отдельные его части не перегреваются выше норм), называется длительной мощностью.

Ток, соответствующий максимальной мощности, называется максимальным током.

Наибольшая мощность, развиваемая тяговым двигателем при одноминутной непрерывной работе (при условии от-

сутствия кругового огня на коллекторе и механических повреждений двигателя), называется максимальной мощностью.

Ток, соответствующий максимальной мощности, называется максимальным током.

Соотношение длительной и часовой мощностей составляет для двигателей с разъемным корпусом 0,35—0,45, для двигателей цельнокорпусных с самовентиляцией —0,6—0,75, для независимо вентилированных двигателей — 0,8. В табл. 63 и 64 приведены допускаемые превышения температур тяговых двигателей при часовом и длительном режимах работы.

Таблица 63

Допускаемые превышения температур для отдельных частей тяговых двигателей при часовом режиме[1]

Наименование частей двигателя	Наименование класса изоляции	Метод измерения температуры	Допустимое превышение температуры над окружающей средой, °С
Обмотка якоря и магнитных катушек	Материал класса *A*	По термометру	75
		По сопротивлению	100
	Материал класса *B*	По термометру	95
		По сопротивлению	120
Коллектор	Материал классов *A* и *B*	По термометру	90

Изменения основных величин тягового двигателя графически представляются в виде характеристик (фиг. 99, 100 и 101).

В характеристиках приводятся:

а) тяговое усилие в кг;

б) скорость на ободе колеса в км/час.;

в) коэффициент полезного действия.

Если характеристика двигателя не дана, а известны его данные, то можно построить характеристику, определив аналитически зависимость $F=f(v)$ и $F=f'(I)$.

[1] Превышения температур, указанные в табл 63 и 64, допустимы при температуре окружающей среды 25° С.

Таблица 64

Допускаемые превышения температур для отдельных частей тяговых двигателей при длительном режиме

Наименование частей двигателя	Наименование класса изоляции	Метод измерения температуры	Допустимое превышение температуры над окружающей средой, °С
Обмотка якоря и магнитных катушек	Материал класса *A*	По термометру	65
		По сопротивлению	85
	Материал класса *B*	По термометру	85
		По сопротивлению	105
Коллектор	Материал классов *A* и *B*	По термометру	85
Подшипники цельнокорпусных двигателей разъемных двигателей	—	По термометру	30
		По термометру	50

Для построения кривой $F = f(I)$ пользуемся уравнением:

$$\frac{F'v \cdot g}{3{,}6} = \eta \cdot U \cdot I,$$

откуда

$$F = \frac{\eta' \cdot U \cdot I'}{2{,}73v'},$$

где F' — сила тяги мотора в кг при определенном значении $\eta_0' I$ и v'.

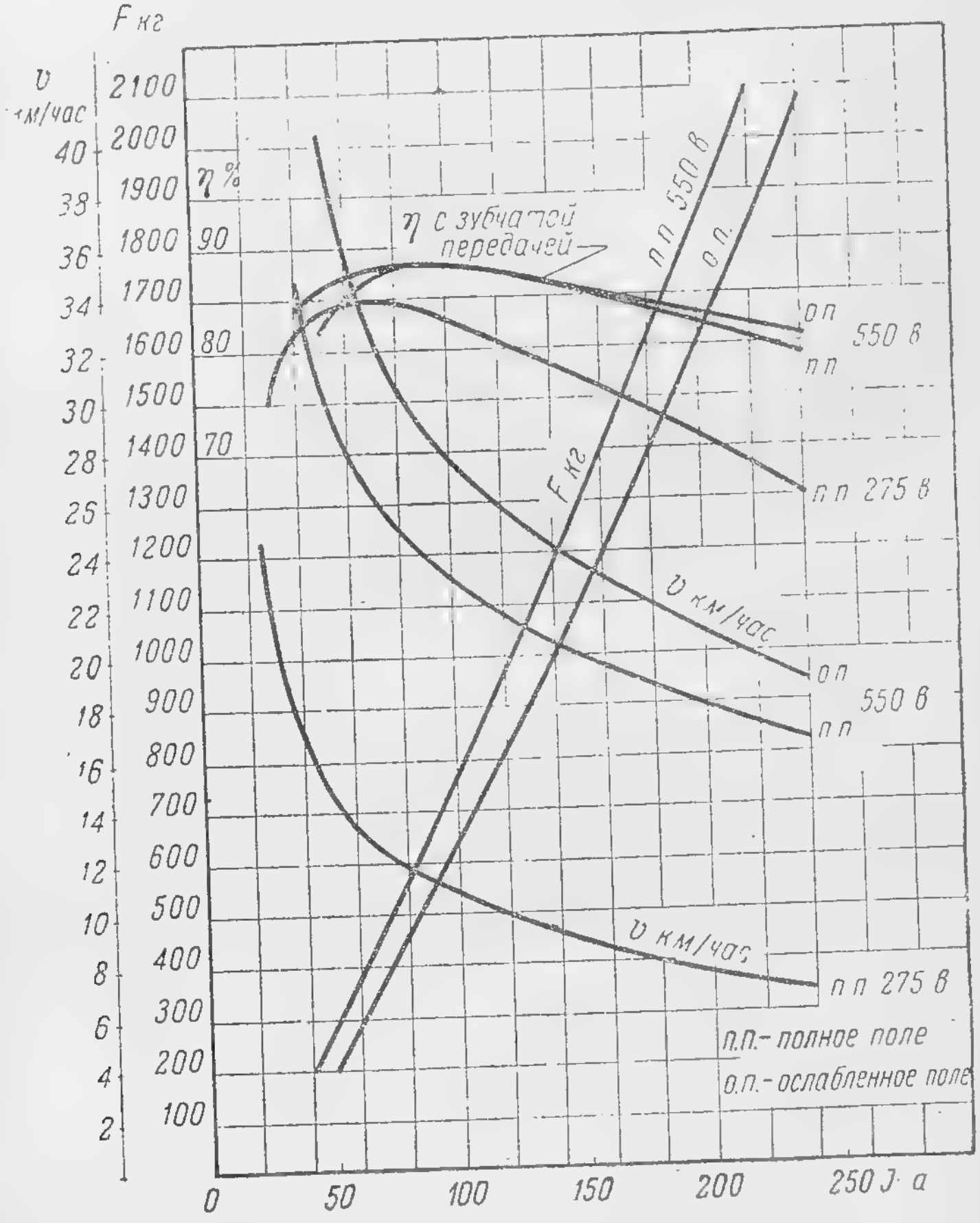
Если известны I', η', U и v, можно найти F' или по F', η', U и v можно найти I.

Для построения кривой $F = f(v)$ при известных скоростях тяговые усилия определяют из уравнения, предложенного проф. А. Б. Лебедевым:

$$v = \frac{200KW_h}{F + 0{,}3F_h} + 0{,}58\, v_h,$$

где: v_h — скорость (в км/час.) на ободе колеса вагона при часовом токе;

η — коэффициент полезного действия в процентах;



Фиг. 99. Характеристика двигателя.

I — сила тока в a;

F_h — сила тяги при часовом режиме;

KW_h — часовая мощность в квт;

U — напряжение в $в$.

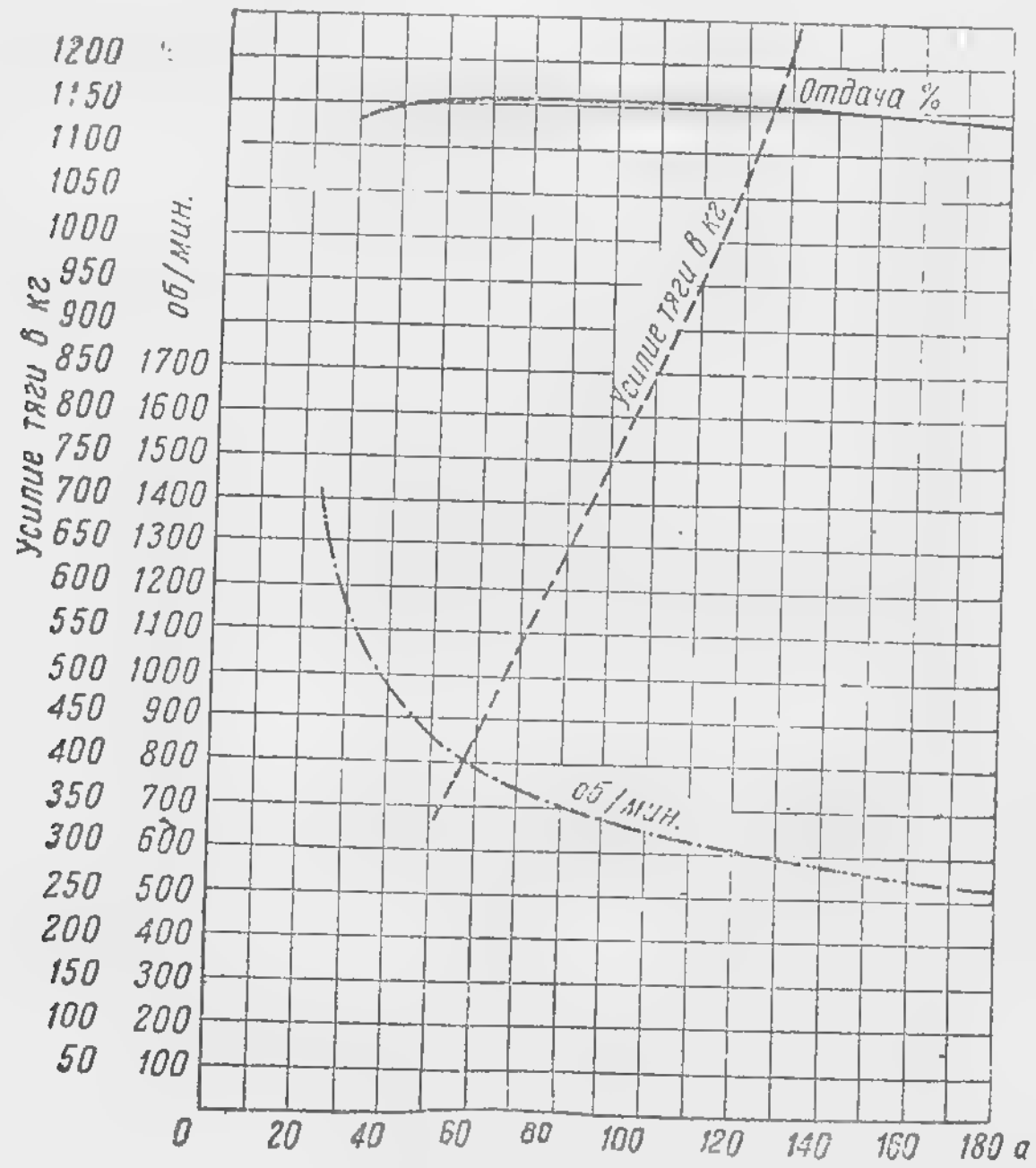
Задаваясь v, определяем F при различных значениях v. Имея данные F, v и I, сведенные в таблицу, можно построить характеристику двигателя.

Если задана скорость якоря двигателя в об/мин., то для перевода скорости якоря в скорость на ободе колеса следует пользоваться уравнением:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot 60}{1000\mu},$$

где:

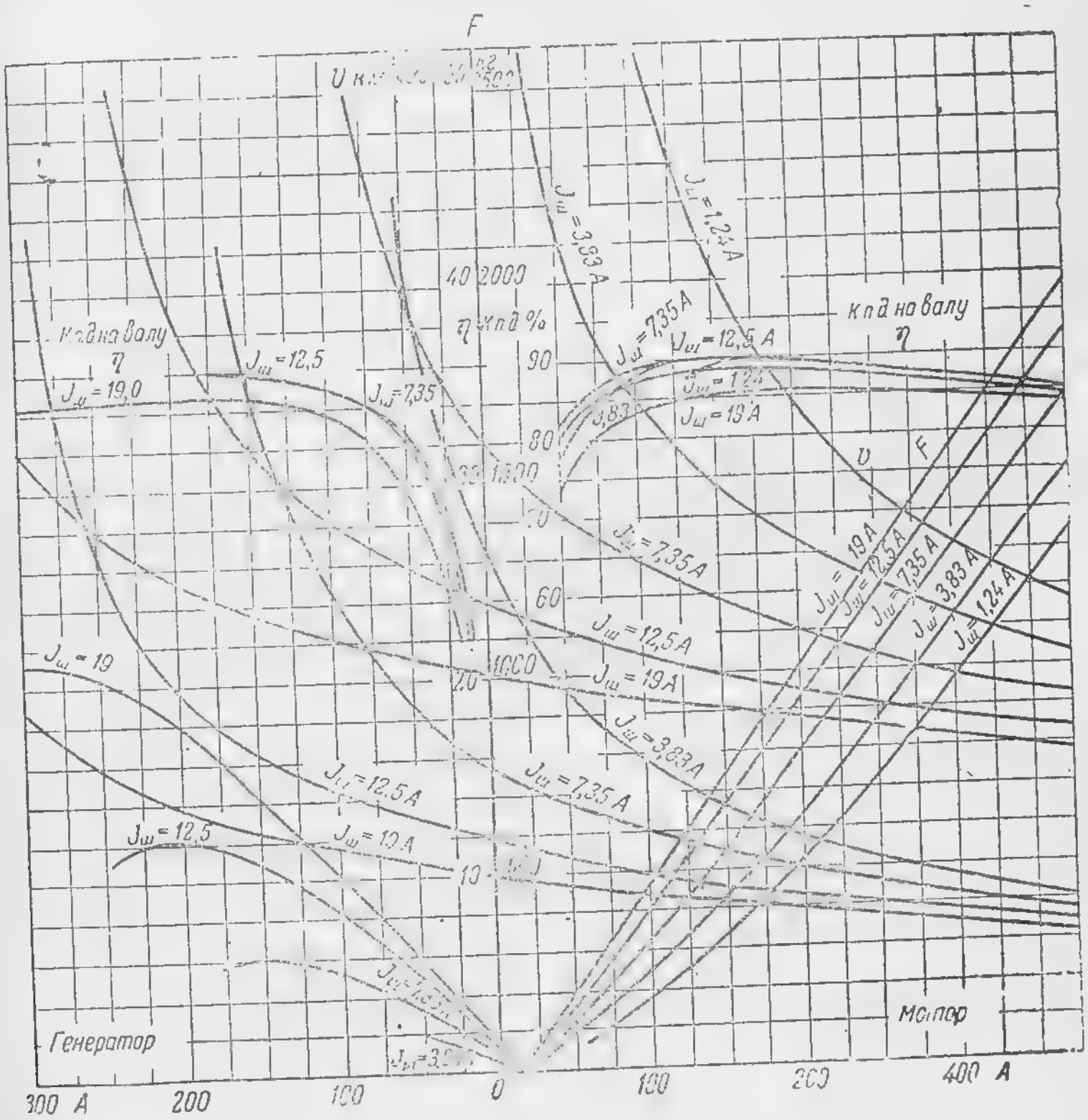
v_k — скорость на ободе колеса в км/час.;
n — число оборотов двигателя в мин.;
D — диаметр колеса в м;
μ — передаточное число зубчатой передачи.



Фиг. 100. Характеристика двигателей ДМ-1А, ДМ-1Б.

При расчете тяговых двигателей пользуются универсальными характеристиками (фиг. 102). Эти характеристики выведены на основании анализа характеристик большого числа выпущенных в эксплоатацию однотипных трамвайных тяговых двигателей постоянного тока. Кривая *1* является расчетной кривой, а кривые *2* и *3* — предельными для расчетного типа двигателя. Кривая *1* построена в про-

центных соотношениях F, v и I. Значения этих величин для часового режима приняты за 100%.



Фиг. 101. Характеристика двигателя ДТК-50.

Величины силы тяги, скорости и коэффициента полезного действия для универсальных характеристик связаны следующей зависимостью:

$$I = \frac{k \cdot n \cdot M}{U \cdot \eta},$$

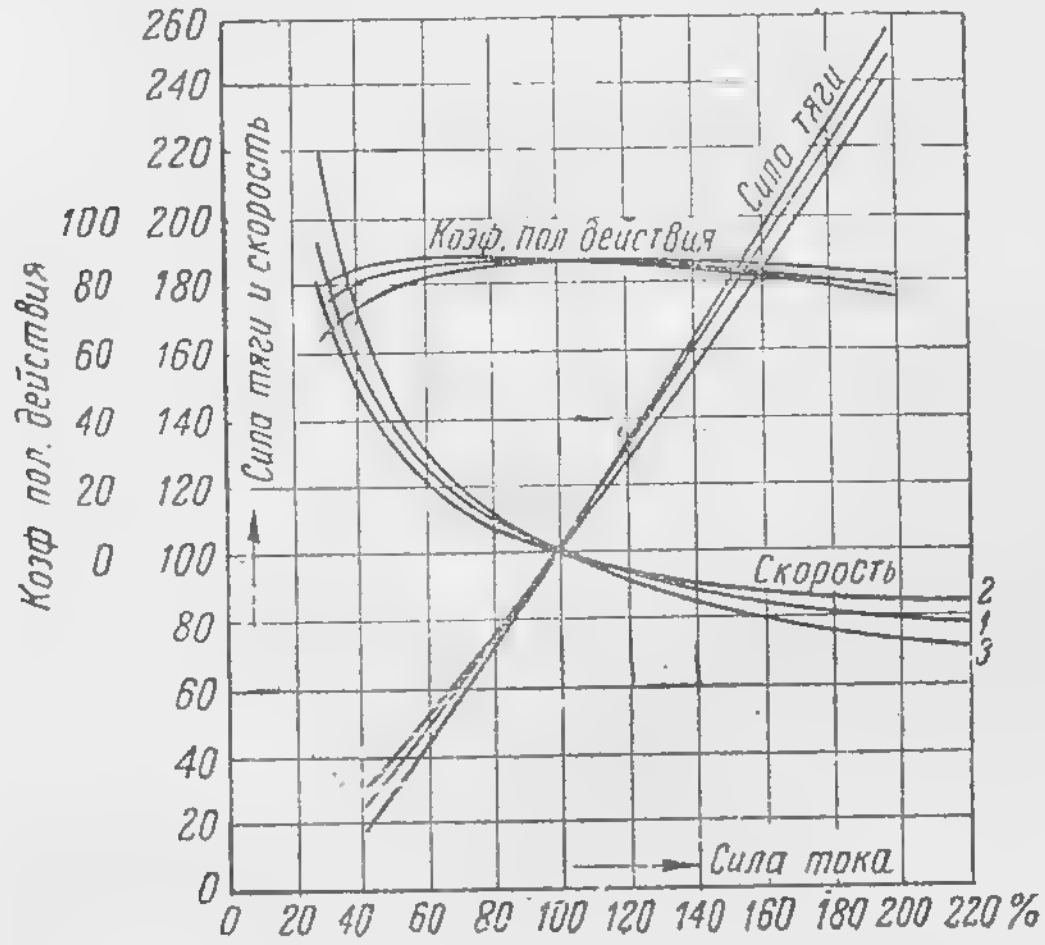
где I — сила тока;
k — масштабный коэффициент;
n — число оборотов в мин.
M — вращающий момент на валу;

Таблица 65

Характеристические данные тяговых двигателей

Тип двигателя	Напряжение, в	Часовой режим				Продолжительный режим				Вес мотора без зубчатой передачи, кг
		сила тока, а	мощность на валу, квт	число оборотов в минуту, п	коэффициент полезного действия, %	сила тока, а	мощность на валу, квт	число оборотов в минуту, п	коэффициент полезного действия, %	
АСЕС-30к	500	65	28,0	485	—	26	11,0	690	—	—
GE-58	500	42	16,9	340	83,0	18	7,7	790	80,0	868
Wd-300	550	55	24,7	570	83,0	21	9,2	900	80,5	920
Wd-103	550	64	29,4	550	84,0	25	10,7	865	80,5	960
W-241а	575	75	35,2	650	85,0	30	14,4	880	80,5	1080
W-241в	550	77	36,8	590	85,0	32	14,5	870	80,7	1090
U-104а	550	68	30,6	620	85,0	25	10,7	960	80,0	975
АВ-52	575	71	35,8	590	85,0	30	14,4	925	80,5	1030
АВ-52л	550	75	35,5	575	85,0	32	14,5	965	80,0	1080
VNB-125	550	64	29,0	525	—	27,2	11,8	825	—	1040
Д-56	550	70	32,0	570	—	—	—	—	—	1020
Д-72	575	74	36,6	615	85,0	33	15,2	830	82,5	1150
ДК-11	550	75	35,5	575	—	—	—	—	—	1070
ВК-202	550	84	41,2	495	86,0	35	16,6	720	83,0	—
ДБ-2	600	135	73,1	700	90,3	88	44,2	875	87,0	1525
ДМ-1а	550	105	52,3	650	90,5	65	32,4	760	84,5	1340
ДР-3к	550	80	38,8	650	88,0	55	26,9	760	82,0	1065
ДТУ-25	550	51,5	24,8	735	87,5	33	16,1	880	79,2	740
ДТУ-40	550	81	40,0	640	88,7	52	25,6	745	81,5	910
ПТ-52	550	110	54,5	560	90,0	75	37,5	660	91,0	1290
ПТ-40	550	90	44,5	650	90,0	53,5	26,4	780	91,0	1050
ПТ-35а	550	80	39,6	680	89,0	50	24,8	775	90,0	890
ПТ-35н	550	68	33,2	610	88,5	42	20,8	775	89,0	910
ПТ-30н	550	60	29,8	615	88,0	40	19,9	720	90,0	890
US-521а	550	105	52,3	620	90,5	65	32,4	755	85,0	1260
ДТИ-60	550	112	55,0	810	88,0	70	34,5	970	88,5	970
ДТК-50	275	232	55,0	735	89,0	150	36,0	855	90,0	1220
ДК-251	275	184	45,0	805	89,0	130	31,0	850	90,0	960

U_m — напряжение на щетках двигателя;
η — коэффициент полезного действия.



Фиг. 102. Универсальная характеристика.

В табл. 65 приведены характеристические данные цельнокорпусных и разъемных тяговых двигателей.

95. РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ СЕРИЕСНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Сериесный двигатель постоянного тока после пуска в ход изменяет число оборотов в зависимости от вращающего момента, который автоматически уравновешивает момент, вызываемый силами сопротивления движению.

Движение можно ускорить увеличением числа оборотов двигателя путем ослабления магнитного потока Φ, чего можно достигнуть уменьшением числа витков катушек главного возбуждения или введением шунтов.

Степень шунтировки, применяемая в трамвайных двигателях, обычно равна $75 \div 67\%$ и в редких случаях 50% от тока I_a. Под ступенью шунтировки σ понимается отношение тока возбуждения I_m к току якоря I_a, т. е.

$$\sigma = \frac{I_m}{I_a} \cdot 100 = 50 \div 75\%.$$

Сопротивление шунта определяется по формуле:

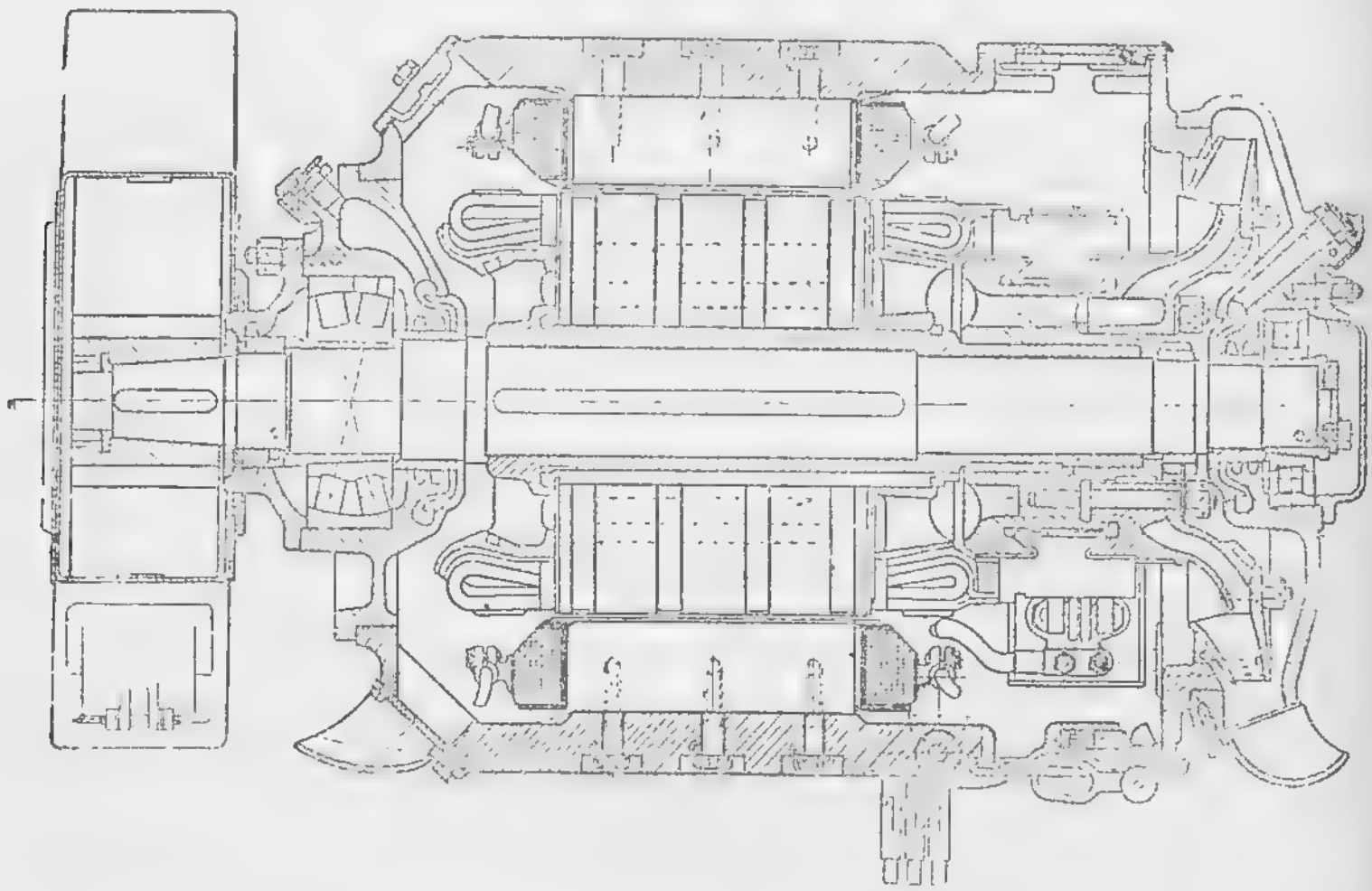
$$R_ш = R_m \frac{\sigma}{1-\sigma}.$$

При шунтировке поля $\sigma < 50\%$ и значительном ослаблении магнитного потока увеличивается реакция якоря и возможно образование на коллекторе кругового огня. Шунты для трамвайных двигателей применяются омические — в виде реостатов и индуктивные — в виде дроссельных катушек.

Применение индуктивных шунтов вызывается стремлением смягчить пики силы тока I_a при отрыве токоприемника от контактного провода.

96. КОНСТРУКЦИИ ТРАМВАЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Современные тяговые двигатели постоянного тока (фиг. 103) выполняются цельнокорпусными с самовентиля-



Фиг. 103. Тяговый двигатель в разрезе.

цией. Однако в эксплоатации еще сохранились устаревшие тяговые двигатели с разъемным корпусом без вентиляции, которые охлаждаются путем отдачи тепла корпусом окружающей среде.

Вентилируемые двигатели охлаждаются более интенсивно. Чем быстроходнее двигатель, тем интенсивнее охлаждение. Однако чрезмерно увеличивать скорость вентиля-

ции нельзя, так как при этом значительно возрастают потери на вентиляцию. Предельной вентиляцией следует считать подачу воздуха от 2,2 до 2,5 м³ в мин. на киловатт тепловых потерь в двигателе.

Количество воздуха для вентиляции определяется по формуле:

$$V = 1{,}2\ \frac{\Sigma P\, 60}{c_b \tau_b}\ \text{м}^3/\text{мин.},$$

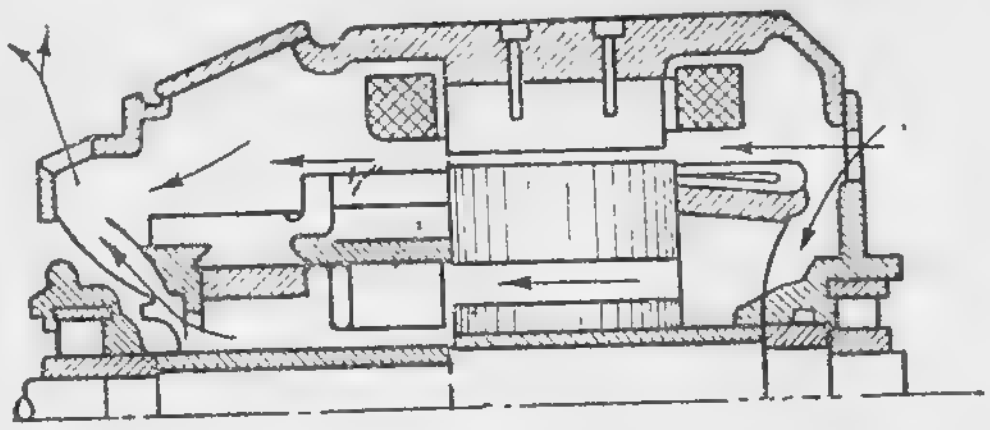
где:

1,2 — коэффициент неравномерности обдувания воздухом;

ΣP — сумма потерь в квт при длительной мощности;

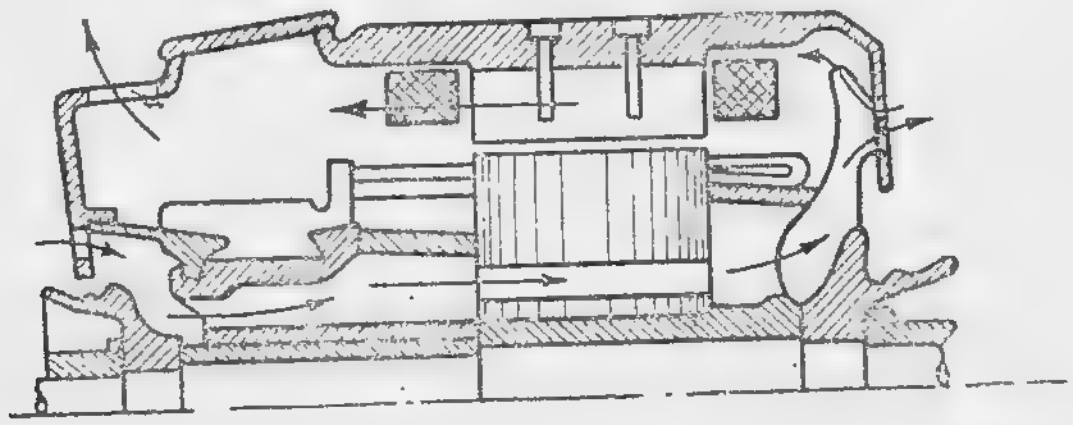
τ_b — перегрев воздуха, выходящего из двигателя, над окружающей температурой;

c_b — теплоемкость воздуха.



Фиг. 104. Параллельная система вентиляции.

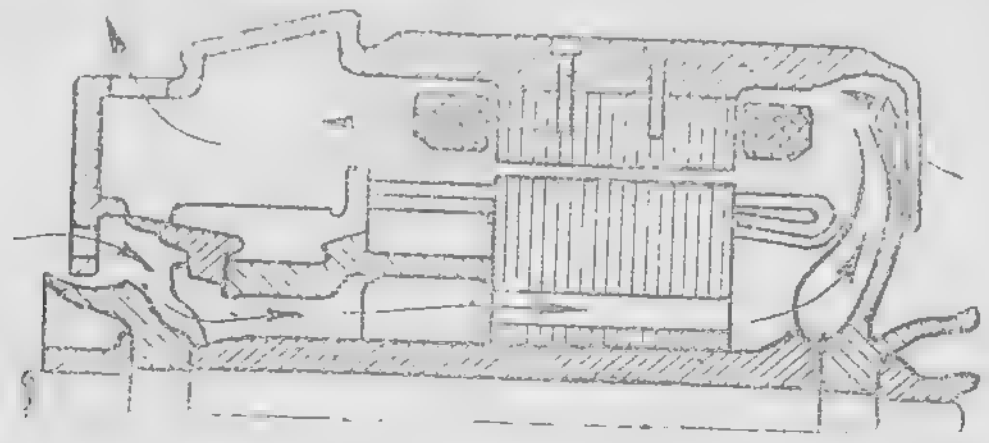
В современных тяговых двигателях применяются следующие системы вентиляции.



Фиг. 105. Встречная система вентиляции.

1) Параллельная — воздух проходит параллельно через аксиальные каналы якоря и междужелезное пространство (фиг. 104);

2) встречная — направление вентилируемого воздуха в аксиальных каналах противоположно его направлению в междужелезном пространстве (фиг. 105);



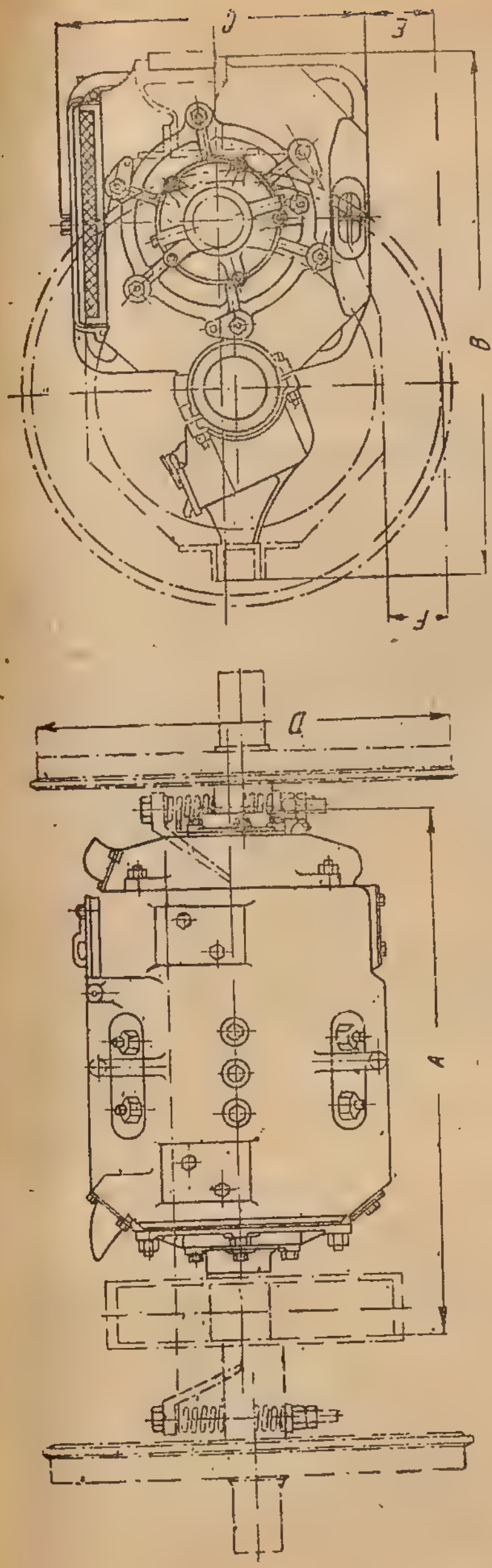
Фиг. 106. Смешанная система вентиляции.

3) смешанная — аналогична встречной, с той лишь разницей, что выход нагретого воздуха происходит с одной стороны корпуса двигателя, а вход — с двух сторон корпуса (фиг. 106);

Таблица 66

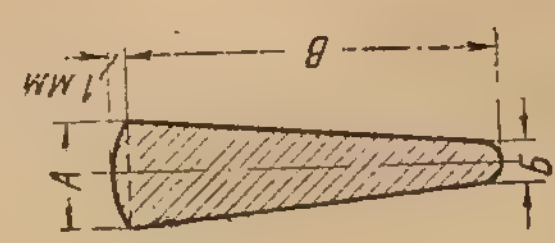
Габаритные размеры тяговых двигателей

Тип мотора	Размеры, мм					
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
GE-58	912	874	673	850	113	110
W-241a	1170	940	680	850	135	110
U-104	930	1147	715	850	110	105
AB-52	1112	944	625	880	115	110
AB-52л	1164	1079	625	850	115	115
Д-56	930	1118	635	850	125	120
Д-72	1113	847	625	880	125	125
ДК-11	1145	889	629	850	120	115
ДБ-2	1223	1222	680	950	210	183
ДМ-1а	1152,5	1133	648	880	135	113
ДР-3к	1057,5	1133	621,5	850	120	115,5
ДТУ-25	850	1085	563	760	120	98
ДТУ-40	920	1085	563	760	120	100
ПТ-52	1076	1048	626	880	145	115
ПТ-35а	995	980	540	760	110	98
ПТ-30н	995	980	540	760	110	105
US-521a	968	1125	654	880	138	113
ДТИ-60	918,5	986,6	544	760÷780	118	100
ДТК-50	1196	982,5	544	780	128	110



Фиг. 107. Габариты тягового двигателя.

Фиг. 109. Зубья шестерни.



Фиг. 108. Сечение коллекторной меди.

Вес трамвайных двигателей можно определить по формуле:

$$G_m = (45 \div 46)\ M^{3}/_{4}\ \text{кг},$$

где M — вращающийся момент при часовой мощности в кг/м.

Габаритные размеры тяговых двигателей (фиг. 107) приведены в табл. 66.

В табл. 67—76 даны характеристики конструктивных деталей различных тяговых двигателей.

Таблица 67

Диаметры и допуски моторно-осевых вкладышей

Тип электродвигателя	Диаметр расточки, мм	Допуск, мм	Материал
ДМ-1-1, ДМ-1-Б	120/125	+ 0,65 + 0,85	Бронза (состав бронзы: олово — 9%, цинк — 3%, свинец — 2%, медь — 86%)
ПТ-35-А	120	+ 0,65 + 0,85	
ДТУ-40	110/120/125	+ 0,65 + 0,85	
ДР-3К	120	+ 0,65 + 0,58	
ДТИ-60	120/125	+ 0,50 + 0,58	
ДТК-50	120	+ 0,50 + 0,58	

Таблица 68

Размеры, фасоны и вес коллекторной меди (фиг. 108)

Тип электродвигателя	№ фасона	Размеры в мм				Количество пластин	Вес коллектора вчерне, кг
		А	*Б*	*В*	*Г*		
ДМ-1-А, ДМ-1-Б	1453	6,05	3,65	59	220	155	50
ПТ-35-А	1472	4,477	2,467	56	182	175	35
ДТУ-40	1461	4,618	3,011	44	210	173	26
ДР-3К	1455	4,6	2,766	54	210	185	40
ДТИ-60	1609	5,686	3,72	46	210	147	29
ДТК-50	1574	5,84	3,78	47,5	210	146	52
W-241a	—	4,6	2,0	67,5	—	163	42
Д-56	—	5,25	2,7	66,1	—	163	38
Д-72	—	5,1	3,6	50,0	—	163	42
АВ-52	—	5,06	2,15	68,0	—	147	39
ДК-11	—	7,2	3,9	55,2	—	105	38

Таблица 69

Данные зубчатых передач трамвайных электродвигателей (фиг. 109)

Тип электродвигателя	Наименование частей зубчатой передачи	№ чертежа завода „Динамо“	Система профиля зацепления	Число зубьев	Модуль $\frac{t}{\pi}$	Размеры, мм				Ширина зуба	Угол инструмента
						шаг t	высота зуба				
							A	C	$Д$		
ДМ-1-А	Шестерня	2М-687	ВЭК	15	8	25,13	17,6	12	5,6	120	15°
ДМ-1-В	Зубчатка	1М-644	„	73	8	25,13	17,6	4	13,6	120	
ПТ-35	Шестерня	2М-592	„	15	8	25,13	17,6	12	5,6	115	15
	Зубчатка	2М-593	„	66	8	25,13	17,6	4	13,6	115	
ДТУ-40	Шестерня	Э-43184	„	14	7	21,991	15,4	10,5	4,9	110	15°
	Зубчатка	1М-446	„	75	7	21,991	15,4	3,5	11,9	110	
ДР-3К	Шестерня	Э-43272	„	15	7	21,991	15,4	10,5	4,9	120	15°
	Зубчатка	1М-432	„	83	7	21,991	15,4	3,5	11,9	120	
ДТИ-60	Шестерня	3М-2111	фау	13	8	см. чертеж профиля зацепления 3М-2897				115	20°
	Зубчатка	1М-1550	„	66	8					115	
ДТК-50	Шестерня	3М-1613	ВЭК	14	7	21,99	15,4	10,5	4,9	115	15°
	Зубчатка	1М-1369	„	76	7	21,99	15,4	3,5	11,9	115	

Таблица 70

Данные зубчатых передач разъемных тяговых двигателей (фиг. 110)

Тип двигателя	Размеры шестерни, мм			Размеры зубчатки, мм				
	A	Зацепление эвольвентное, *D*	Зацепление „Динамо", *D*	*A*	*B*	*C*	зацепление эвольвентное, D_1	зацепление „Динамо", D_1
АВ-52 . . .	125	136	142,054	125	0	32,5	600	591,93
АВ-52л . .	125	130	—	125	25	0	598	—
D-56	120	114	—	120	15	0	606	—
D-72 . . .	125	136	142,054	125	25	25	600	591,93
W-241 . . .	125	136	142,054	125	0	32,5	600	591,93
W-241 л . .	125	122	—	125	25	0	598	—
V-104 . . .	120	144	—	120	15	0	606	—
GE-58A4 . .	110	127	—	110	—	—	586,5	—
DK-ДІ . . .	125	130	—	125	25	0	598	—

Таблица 71

Давление пальца щеткодержателя тягового двигателя на щетку и размеры щеток (фиг. 111)

Тип двигателя	Марка щетки	Размеры щетки, мм			Предельная длина щетки, мм	Давление пальца, кг		Количество щеток на двигатель
		A	*B*	*C*		при новой щетке	при сработанной щетке	
GE-58 . . .	Г или ЭГ-2	12,7	35	57	35	1,6	1,2	4
АВ-52м . .		12	45	60	35	2,0	1,4	4
АВ-52л . .		12	40	60	35	1,7	1,3	4
W-241 . . .		12,5	37,8	57	30	1,7	1,3	4
U-104 . . .		12	40	60	30	1,7	1,3	4
D-56 . . .		16	35	57	30	2,0	1,5	4
ДБ-2 . . .		45	16	55	30	2,6	1,9	4
ДМ-1А . .		16	40	55	30	2,3	1,7	4
ДМ-1Б . . .		16	40	55	30	2,3	1,7	4
ДТИ-60 . .		20	35	55	30	2,5	1,8	4
ДТК-50 . .		20	40	55	30	2,9	1,8	6
ДР-3К . .		13	40	55	30	1,9	1,4	4
ДТУ-40 . .		14	30	55	30	1,7	1,3	4
US-521a . .		16	40	60	30	2,3	1,7	4
ПТ-35а . .		12	40	55	30	1,7	1,3	4
ПТ-30н . .		12	40	60	30	1,7	1,3	4
ДК-251 . .		20	40	55	30	2,9	1,8	2

Таблица 72

Усилия запрессовки коллекторных пластин в коробку коллекторов на вал

Тип электродвигателя	Сила запрессовки коллекторных пластин в коробку коллектора, т	Сила запрессовки коллектора на вал или втулку якоря, т
ПТ-35А . .	9—11	6—18
ДМ-1А } . .	15—18	16—47
ДМ-1Б }		
ДТИ-60 . .	11—13	11—31
ДТК-50 . .	11—13	16—48

Таблица 73

Натяг при бандажировке якорей тяговых двигателей

Диаметр проволоки, мм	Натяг, кг
0,5	14
0,8	35
1,0	56
1,2	69
1,5	102
2,0	196

Таблица 74

Роликоподшипники трамвайных электродвигателей

Тип электродвигателя	Передний подшипник		Задний подшипник	
	марка	размер, мм	марка	размер, мм
ДМ-1-А, ДМ-1-Б	WHS-70e	70 × 180 × 42	NUS-95e	95 × 240 × 55
ПТ-35-А . . .	WHM-60e	60 × 130 × 46	WUM-85e	85 × 180 × 60
ДТУ-40	WUPM-55e	55 × 120 × 43	WUM-90e	80 × 170 × 58
ДР-3К	WHM-60e	60 × 130 × 46	WUM-85e	85 × 180 × 60
ДТИ	WHM-65e	65 × 140 × 48	WUM-85e	85 × 180 × 60
ДТК-50	WHM-65e	65 × 140 × 48	WUM-85e	85 × 180 × 60

97. ИСПЫТАНИЕ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тяговые двигатели испытываются при приемке их от завода-изготовителя или из капитального ремонта (новая обмотка якоря, замена магнитных катушек).

Двигатели постоянного тока подвергаются испытаниям:

а) на диэлектрическую мощность;

б) на максимальную допустимую скорость вращения;

в) на перегрузку;

г) на часовую мощность (каждый двигатель);

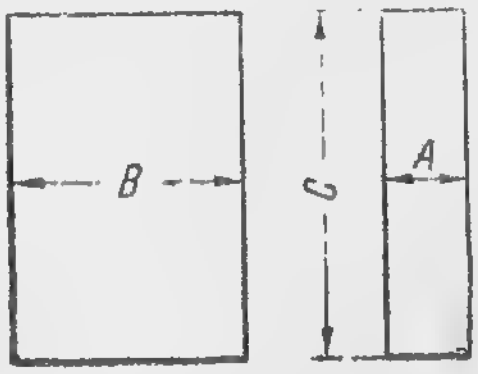
Таблица 75

Данные якорной обмотки тяговых двигателей

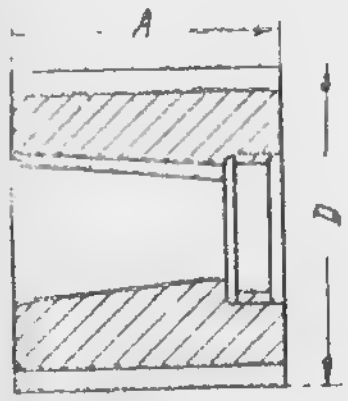
Тип двигателя	Число шаблонов	Число концов секций и коллекторных пластин	Число проводов в пазу	Шаг обмотки			Шаг по коллектору	Вес якорной меди, кг	Сечение меди		Сопротивление якоря (в Ω) при 20° С
				полный	y_1	y_2			голой	изолированной	
U-104	29	145	30	146	71	75	73	36,2	2,44×3,53	2,74×3,83	0,303
W-241a	41	163	16	164	81	84	82	29,0	2,44×3,53	2,74×3,83	0.185
Д-56	41	163	24	162	81	81	81	41,7	2,44×3,53	2,74×3,83	0,351
Д-72	49	147	16	—	—	—	—	—	2,1×4,5	2,6×5,0	0,18
АВ-52	37	147	16	146	73	73	73	29,5	2,9×4,1 / 2,44×3,53	3,45×4,65 / 2,74×3,83	0,145
ДК-11	35	105	24	110	55	55	51	38,2	2,44×3,53	2,74×3,83	0,316
ДБ-2	33	131	16	132	65	67	66	45,5	3,8×3,8	4,15×4,15	0,09
ДМ-1А, ДМ-1Б	39	155	16	154	73	81	77	42,2	3,28×3,8 / 3,4×3,8	3,63×4,15 / 4,1×4,5	0,136
ДР-3к	31	185	24	184	85	99	92	34,5	2,63×3,53	2,98×3,88	0,196
ДТУ-40	29	173	24	172	85	87	86	31,5	2,6×3,7 / 2,63×3,53	3,1×4,2 / 2,98×3,88	0,164
ПТ-52	33	165	—	—	—	—	—	50,0	2,5×5,5	2,9×5,9	0,095
ПТ-35а	35	175	20	174	91	83	87	27,0	2,26×3,53	2,61×3,88	0,211
ПТ-35н	35	139	24	140	73	67	70	24,7	2,1×2,83	2,4 ×3,13	0,322
ПТ-30н	35	139	20	138	73	65	69	24,7	2,1×2,83	2,4 ×3,13	0,32
US-521a	35	175	—	—	—	—	—	—	1,2×8,4	1,8 ×9,0	0,162
ДТИ-60	37	147	16	—	—	—	73	36,5	3,28×3,8	3,63×4,15	0,126
ДТК-50	29	145	20	—	—	—	72	38,0	1,56×6,9	гол.	0,041

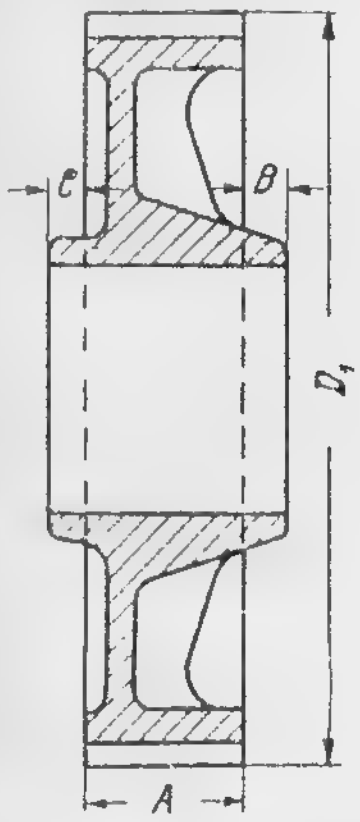
д) на длительную мощность (1 ÷ 2% от сдаваемой партии двигателей);

е) на определение коэффициента полезного действия.

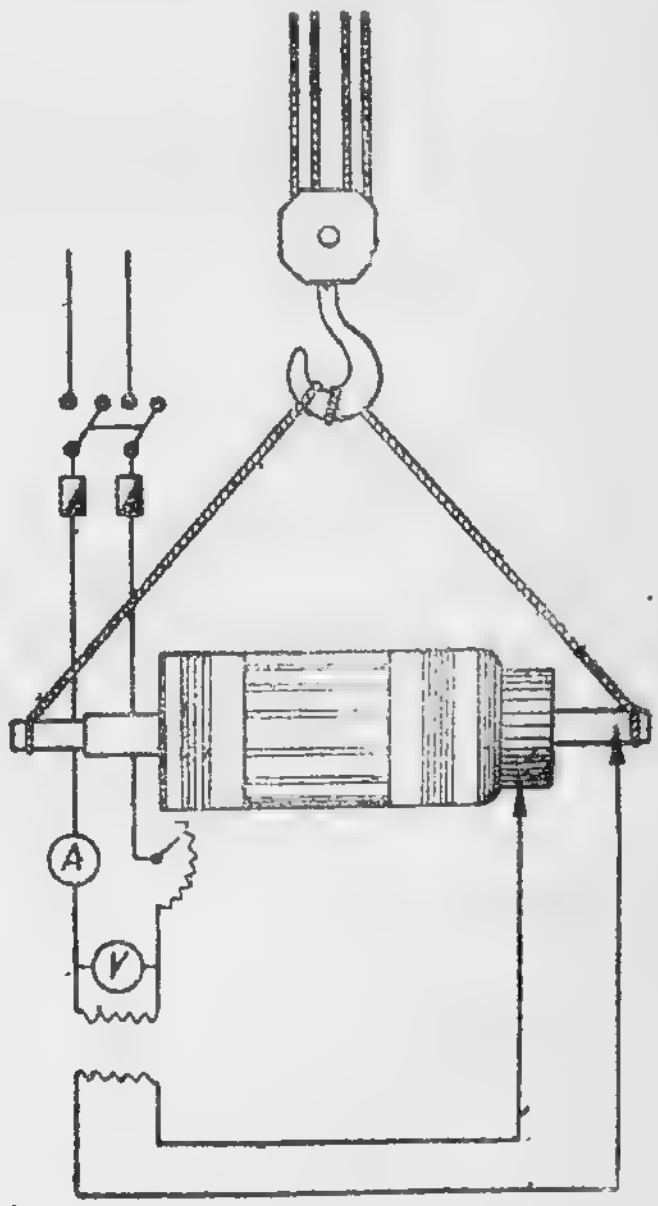


Фиг. 111. Габаритные размеры щетки.





Фиг. 110. Данные зубчатой передачи.



Фиг. 112. Схема испытания изоляции якоря.

Диэлектрическая прочность двигателя испытывается переменным током 50 пер./сек. Напряжение на испытательном трансформаторе (фиг. 112) с помощью реостата постепенно поднимается до величины, установленной при испытании, и поддерживается в течение одной минуты.

Данные магнитных полюсов и

Тип двигателя	Число полюсов		Сечение меди главных катушек, мм	
	главных	добавочных	голой	изолированной
АВ-52	4	—	∅ 6,8	∅ 7,3
АВ-52л	4	2	5,7×5,7	6,0×6,0
Д-56	4	2	∅ 4,3	∅ 4,6
Д-72	4	—	∅ 4,5	∅ 5,0
ДК-11	1	4	5,7×5,7	6,0×6,0
U-104	4	4	5,36×5,36	6,66×5,66
W-241a	4	—	5,82×5,82	6,32×6,32
ДБ-2	4	4	2,1×26,0	—
ДМ-1А, ДМ-1Б . . .	4	4	6,4×6,4 / 5,1×7,4	6,9×6,9 / 5,5×7,8
ДР-3к	4	4	5,6×5,6 / 5,1×5,9	6,1×6,1 / 5,45×6,25
ДТУ-40	4	4	5,5×5,5 / 5,1×5,9	6,0×6,0 / 5,45×6,25
ПТ-52	4	4	6,6×6,6	7,2×7,2
ПТ-35а	4	4	5,5×5,5 / 5,1×5,9	6,0×6,0 / 5,45×6,25
ПТ-35н	4	4	5,5×5,5	5,8×5,8
ПТ-30н	4	4	5,0×5,0	5,5×5,5
US-521a . . .	4	4	6,0×7,0	6,5×7,5
ДТИ-60	4	4	1,56×22,6	голый провод
ДТК-50	4 + 4	4	3,8×12,5 / ∅ 2,26 [1]	голый провод / ∅ 2,56

[1] Шунтовые катушки.

Таблица 76

катушек тяговых двигателей

Сечение меди добавочных катушек, мм		Вес меди, кг		Сопротивление катушек (в Ω) при 20° С	
голой	изолированной	главных катушек сериесных шунтовых	добавочных катушек	главных сериесных шунтовых	добавочных
—	—	112,0	—	0,181	—
5,7×5,7	6,0×6,0	87,0	17,2	0,201	0,044
4,5×6,9	4,8×7,2	85,0	26,25	0,272	0,068
—	—	132,0	—	0,240	—
5,7×5,7	6,0×6,0	102,0	57,0	0,240	0,14
5,36×5,36	5,66×5,66	85,6	42,6	0,261	0,048
—	—	119,0	—	0,349	—
2,3×21,0	—	90,0	45,0	0,0605	0,036
6,4×6,4 / 5,1×7,4	6,9×6,9 / 5,5×7,8	72,5 / 71,0	50,5	0,085	0,055
5,6×5,6 / 5,1×5,9	6,1×6,1 / 5,45×6,25	68,0 / 56,5	39,0 / 33,6	0,131	0,0735
5,5×5,5 / 5,1×5,9	6,0×6,0 / 5,45×6,25	61,0 / 53,0	36,0 / 34,0	0,1275	0,0755
6,6×6,6	7,2×7,2	70,0	42,2	0,0755	0,062
5,7×5,7 / 5,1×5,9	6,0×6,0 / 5,45×6,25	57,0 / 50,0	37,5 / 32,7	0,120	0,0785
5,7×5,7	6,0×6,0	57,0	37,5	0,155	0,088
5,7×5,7	6,0×6,0	34,4	28,8	0,15	0,12
6,0×7,0	6,5×7,5	80,0	29,6	0,0118	0,056
2,1×14,5	голый провод	58,0	33,0	0,093	0,069
4,7×12,5	голый провод	15,5 / 45,0	40,0	0,0137 / 5,62	0,0226

Концы вторичной обмотки трансформатора подводятся к коллектору и валу двигателя.

При испытании новых или заново перемотанных якорей трамвайных тяговых двигателей применяется испытательное напряжение 2500 в. При испытании диэлектрической прочности отремонтированных якорей со старой обмоткой (смена нескольких секций, замена бандажей и пр.) для двигателей, рассчитанных на 550 в, испытательное напряжение не должно превышать 1200 в для якорей, прошедших ремонт в мастерских парка, и 1500 в для якорей заводского ремонта. Сопротивление изоляции якоря и катушек при 75° С должно быть 1 мгом для новых якорей и катушек, 0,6 мгом для якорей и катушек, отремонтированных на заводе, и 0,45 мгом для якорей и катушек, подвергнутых ремонту в мастерских парка. Испытательный трансформатор для испытания якорей двигателей мощностью до 50 квт должен иметь мощность до 3 ква.

Испытания, указанные в п.п. «б», «в» и «е», производятся для обоих направлений вращения двигателя.

При испытании двигателя на максимальную скорость вращения он работает в течение двух минут с повышенной скоростью вращения — на 10% больше скорости, гарантированной заводом (по паспорту).

Двигатель после остановки осматривается. Отдельные части двигателя (обмотка якоря, коллектор, вал якоря и пр.) не должны иметь остаточных деформаций.

Разница в числе оборотов при реверсировании двигателя допускается в 3% для новых двигателей и 6% для ремонтированных.

Отклонение в скоростной характеристике испытуемого двигателя не должно превышать $\pm 5\%$.

Испытание двигателя на перегрузку производится в течение одной минуты при токе $I_{max} = 2I_h$, где I_h — часовой ток двигателя.

Определение температуры перегрева обмоток по сопротивлению производится по формуле:

$$\tau = \frac{R_t - R_x}{R_x}(235 + \theta_x) - (\theta_0 - \theta_x),$$

где: τ — перегрев обмотки в °С;
R_t — сопротивление нагретой обмотки в ом;
R_x — сопротивление обмотки перед испытанием в ом;
θ_0 — температура окружающей среды в °С;
θ_x — температура обмотки перед испытанием в °С.

При кратковременном испытании двигателя перегрев можно определить по формуле:

$$\tau = \frac{R_t - R_x}{R_x}(235 + \theta_x).$$

Измерение сопротивления обмотки производится мостиком или точным вольтметром и амперметром.

Сопротивление якоря измеряется медными контактами, расположенными на расстоянии, равном $^1/_4$ числа коллекторных пластин. Для этого на коллекторе, в канавке возле петушков, накерниваются две пластины, приходящиеся против середины щеток. Измерение сопротивления производится всегда между одними и теми же коллекторными пластинами. После остановки двигателя сопротивление измеряется несколько раз, чтобы произвести экстраполяции на момент остановки.

Температура окружающей среды измеряется двумя термометрами на расстоянии $1 \div 2$ м от двигателя.

Коэффициент полезного действия может быть определен прямым и косвенным методами.

Определение коэффициента полезного действия прямым методом производится по схеме фиг. 113, по формуле:

$$\eta = \frac{U_m I_m + U_g I_g - r\,(I^2_m - I^2_g)}{2\,U_m I_m},$$

где: U_m и U_g — напряжение на щетках мотора и генератора;
I_m и I_g — сила тока в якорях двигателя и генератора;
r — сопротивление якоря двигателя.

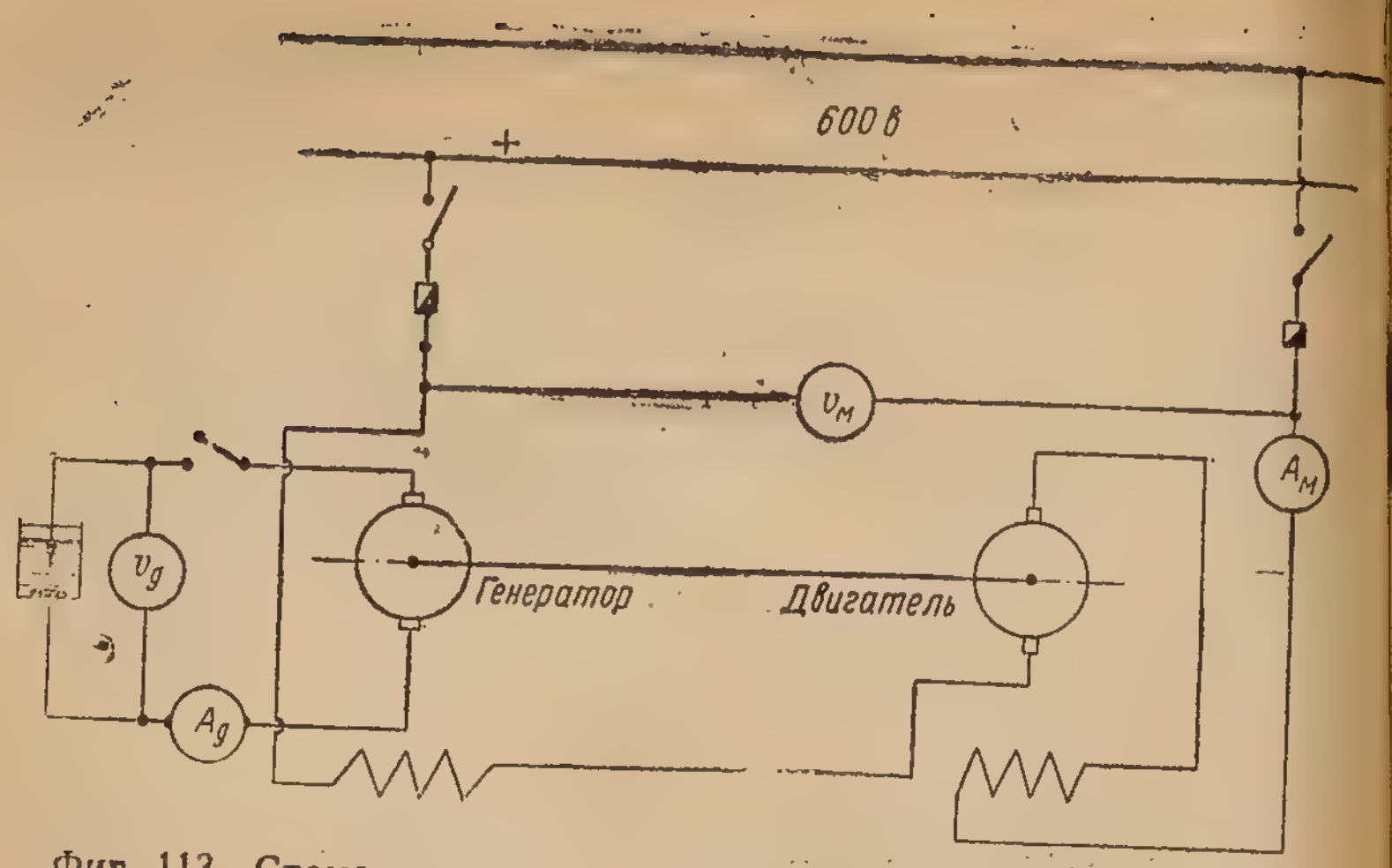
При испытании двигателей по схеме фиг. 113 расходуется значительное количество электроэнергии; вся энергия генератора поглощается реостатом.

Более экономичные схемы испытания двигателей представлены на фиг. 114 и 115.

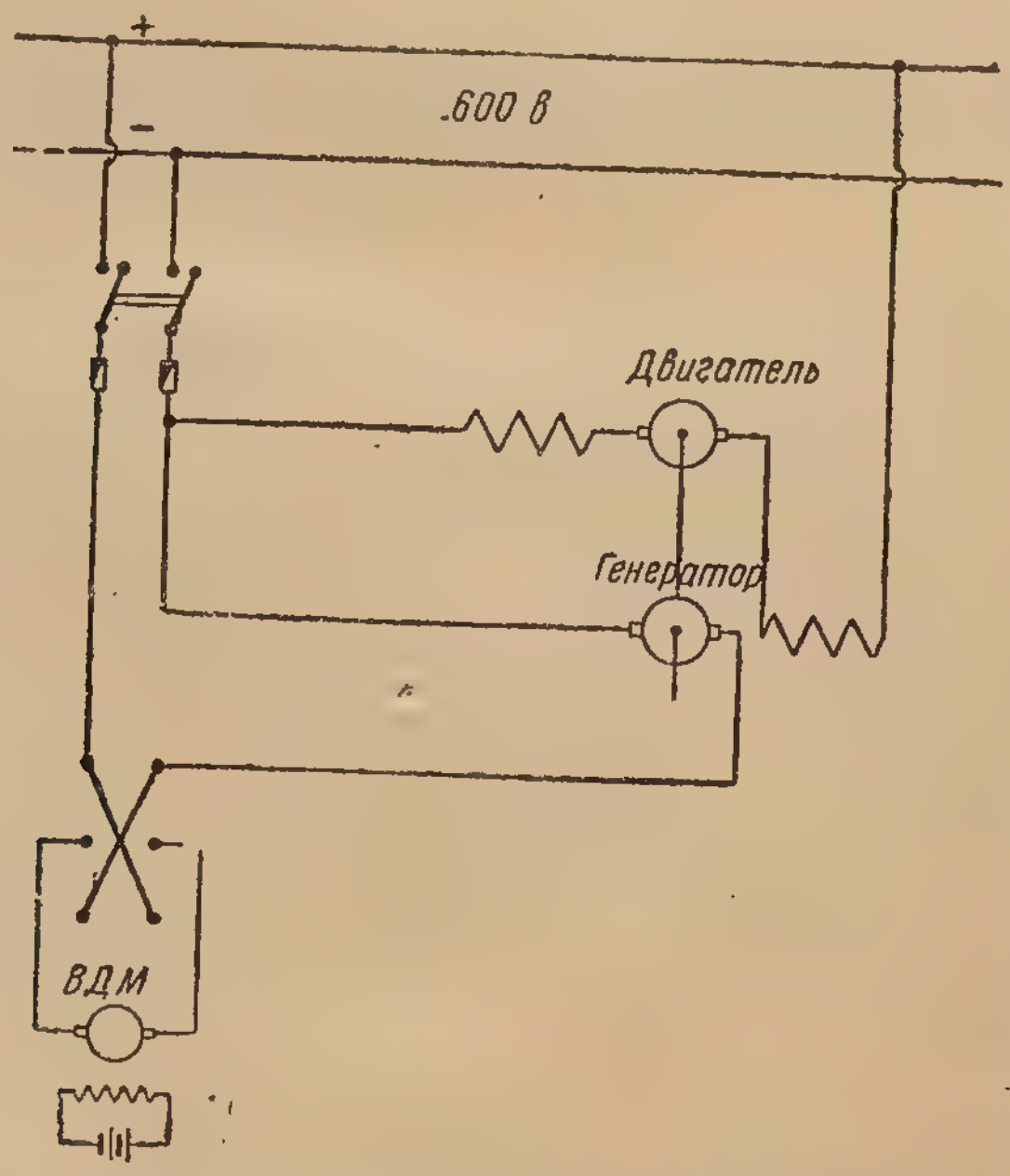
В схеме фиг. 114 (метод взаимной нагрузки) оба испытуемых двигателя соединены эластичной муфтой, при чем один из них служит генератором, а другой — двигателем. Энергия, отдаваемая генератором, поглощается двигателем. Вольтодобавочная машина *ВДМ* с независимым возбуждением пополняет потери, происходящие в испытуемых двигателях.

Этот метод испытания экономичнее описанного выше, но требует вольтодобавочного агрегата (динамо и мотор).

На фиг. 115 приведена схема испытания двигателей, при которой потери в двигателях покрываются электриче-



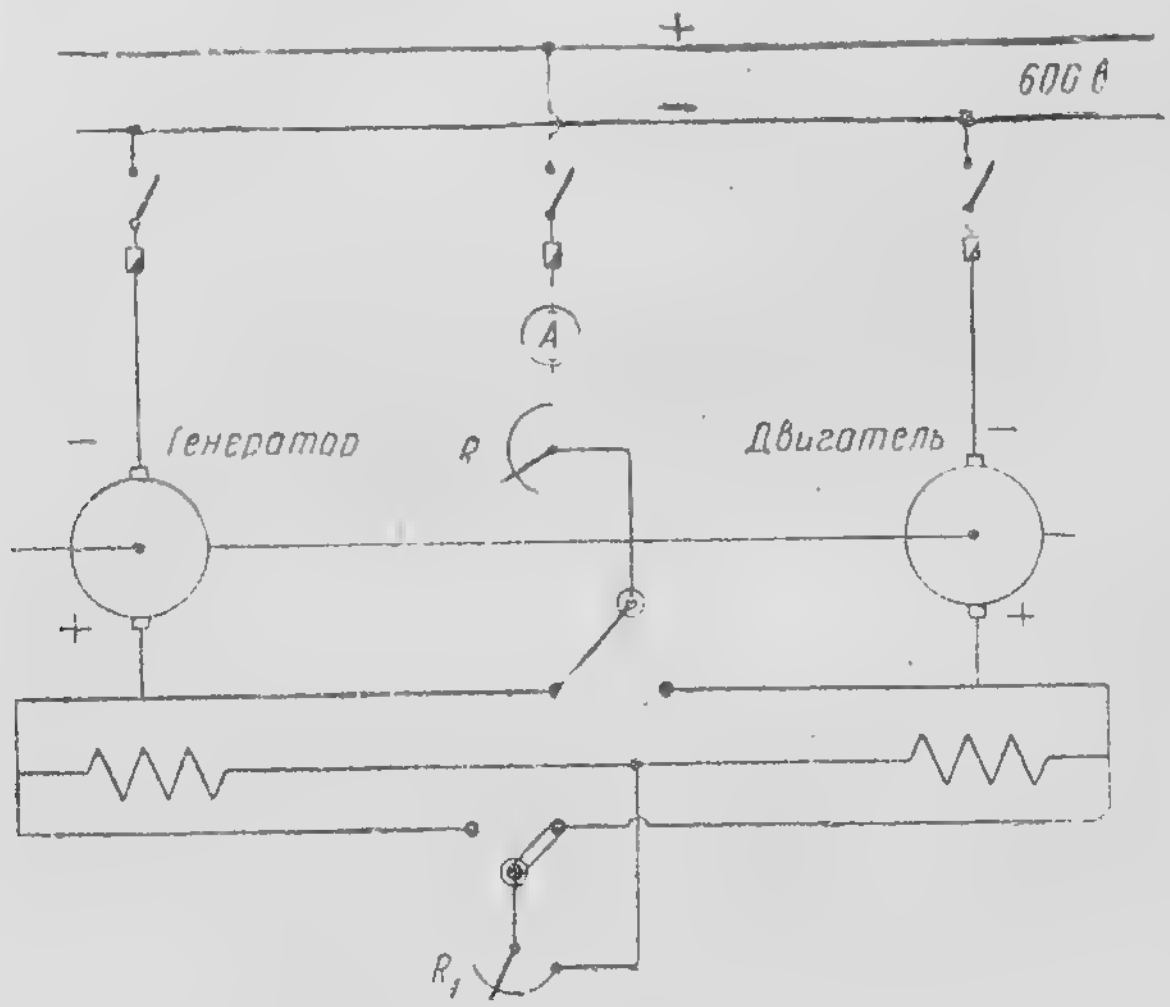
Фиг. 113. Схема испытания двигателя с помощью нагрузочного реостата.



Фиг. 114. Схема испытания двигателя с вольтодобавочным агрегатом.

ской энергией, подводимой через реостат R непосредственно из сети. Возбуждение одного из испытуемых двигателей шунтируется реостатом R_1. Благодаря этому напряжение на генераторе поднимается. Пополнение потерь отмечается амперметром A. Эта схема не требует отдельного вольтодобавочного агрегата и дает незначительный расход энергии на испытание двигателей.

При косвенном методе определения коэффициента полезного действия магнитные и механические потери вычисляются опытным путем. Необходимо лишь, чтобы ток воз-



Фиг. 115. Схема испытания двигателя с покрытием потерь из сети.

буждения и число оборотов двигателя соответствовали его характеристике.

Испытание производится по методу холостого хода. Двигатель включается по схеме шунтового двигателя. Ток в цепи возбуждения регулируется так, чтобы он соответствовал определенным точкам номинального режима. Напряжение подводится соответственно данному току в цепи возбуждения и числу оборотов двигателя.

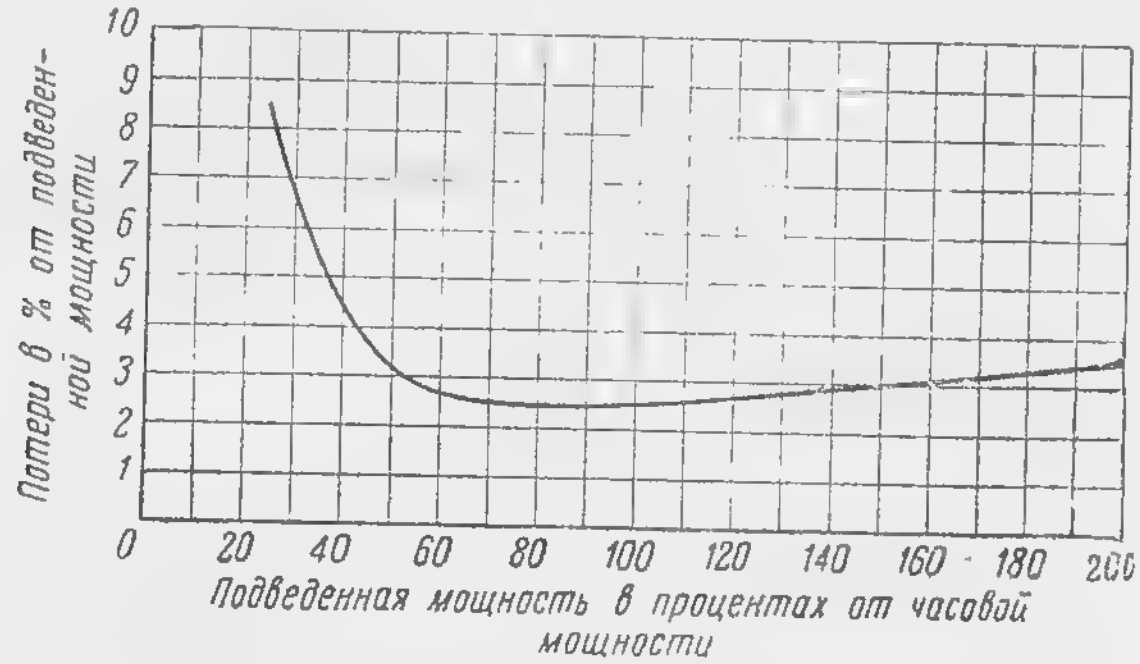
Коэффициент полезного действия, полученный при испытании двигателя, не должен отличаться от гарантированного более, чем на 1%.

При определении коэффициента полезного действия косвенным методом принимаются следующие потери:

1) в угольных щетках с соединительными проводниками — исходя из падения напряжения в 1 в и при отсутствии соединительных проводников — 1,5 в на каждую щетку;

2) в меди — отнесенные к температуре, лежащей на 15° С ниже предельной, приведенной в табл. 63 и 64;

3) в зубчатой передаче — по кривой на фиг. 116;



Фиг. 116. Потери в зубчатой передаче.

4) дополнительные, не поддающиеся непосредственному определению, — в размере 1% от подведенной к двигателю мощности.

Коэффициент полезного действия, определяемый косвенным методом, вычисляется по формуле:

$$\eta = \frac{U_м I_м - \Sigma_p}{U_м I_м},$$

где $\sum_p$ — суммы всех потерь в вт.

98. РЕМОНТ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тяговые двигатели требуют ревизионного ремонта после шестимесячной работы на линии.

При ревизии двигатель подвергают разборке.

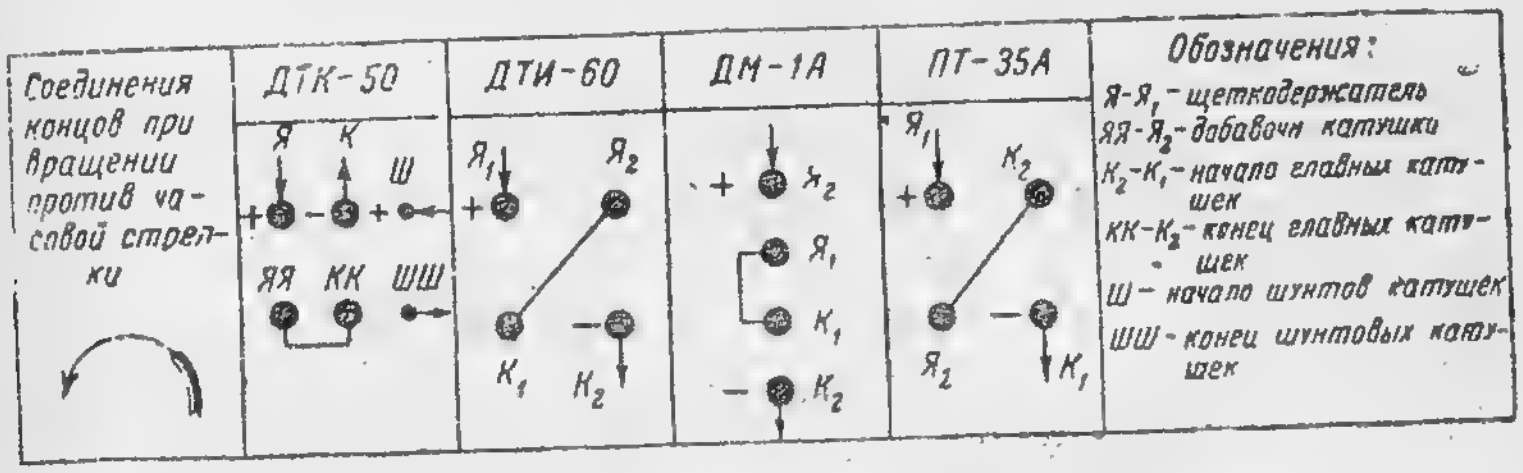
Роликовые подшипники промывают в бензине и устанавливают их пригодность для работы. Якорь, вынутый из корпуса двигателя, продувают и осматривают. Проверяют шнуровые и проволочные бандажи, чехлы, обмотки, пайку концов якорных секций и состояние коллектора. Осматривают крепление вентилятора.

При заметных неровностях на коллекторе (выемки и выступы до 0,5 мм) его протачивают. Междуламельную изоляцию продороживают на глубину до 1 мм, и затем коллектор шлифуют. При сопротивлении изоляции якоря ниже 0,6 мгом его подвергают сушке при температуре 100—110° С, пропитывают в лаке и повторно сушат в течение двух часов. Пропитанный и высушенный якорь должен иметь сопротивление изоляции не менее 1 мегома при 75° С.

Корпус двигателя с магнитными катушками подвергают осмотру. Проверяют плотность посадки катушек на сердечниках.

Сопротивление изоляции катушек должно быть не менее 0,6 мгом, а после пропитки и сушки — не менее 2 мгом.

Щеткодержатели промывают, осматривают целость пружин, нажимных пальцев, изоляционных коробок и пр.



Фиг. 117. Обозначения выводных кабелей для различных тяговых двигателей.

Междукатушечные соединения и выводные кабели проверяют и, если повреждена изоляция проводов, изолируют.

Выводные кабели должны соответствовать обозначениям, указанным на фиг. 117.

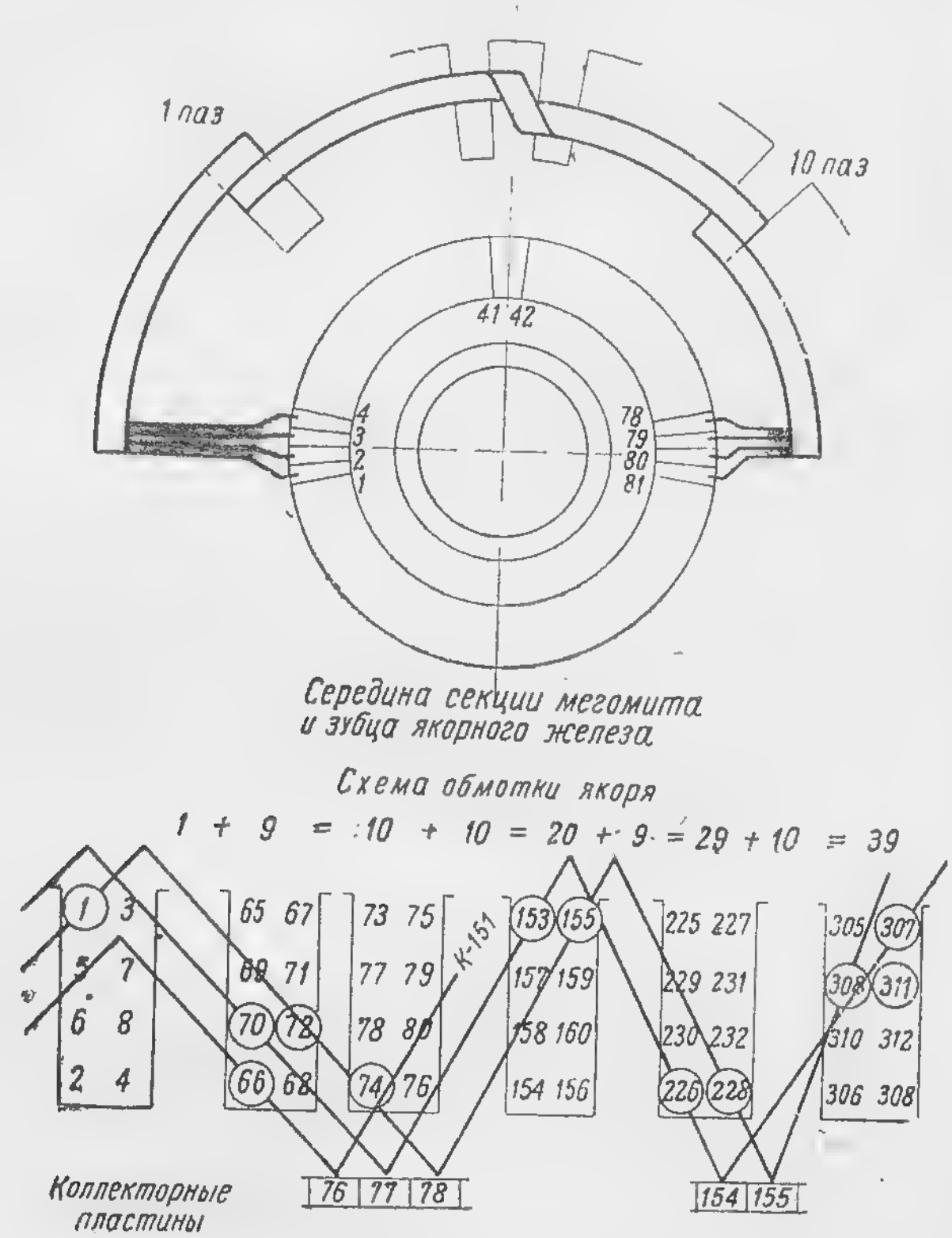
Поврежденная обмотка якоря ремонтируется или заменяется новой. Старые якорные секции реставрируются. Изоляция на проводе обжигается, после чего провод протравливается в растворе серной кислоты и затем промывается в проточной воде. Промытый и высушенный провод обматывается тафтяной лентой шириной 15 мм.

Железо якоря перед укладкой обмотки тщательно очищают от пыли и железных опилок, после чего на 3—4 часа помещают в печь при температуре 95—110° С. Горячее якорное железо погружают в лак № 447 или № 458 (ХЭМЗ) [1] и выдерживают в нем до прекращения выделения пузырьков

[1] Плотность лака (по Боме 26,5°) 0,835—0,840.

воздуха. Затем железо вынимают, дают стечь лаку и сушат в печи (до прекращения прилипания лака).

Якорные секции перед укладкой в железо якоря сушат в течение 2—3 час. при температуре 90—110°С, после чего



Фиг. 118. Схема обмотки двигателя ДМ-1А (кружки — мертвые проводники).

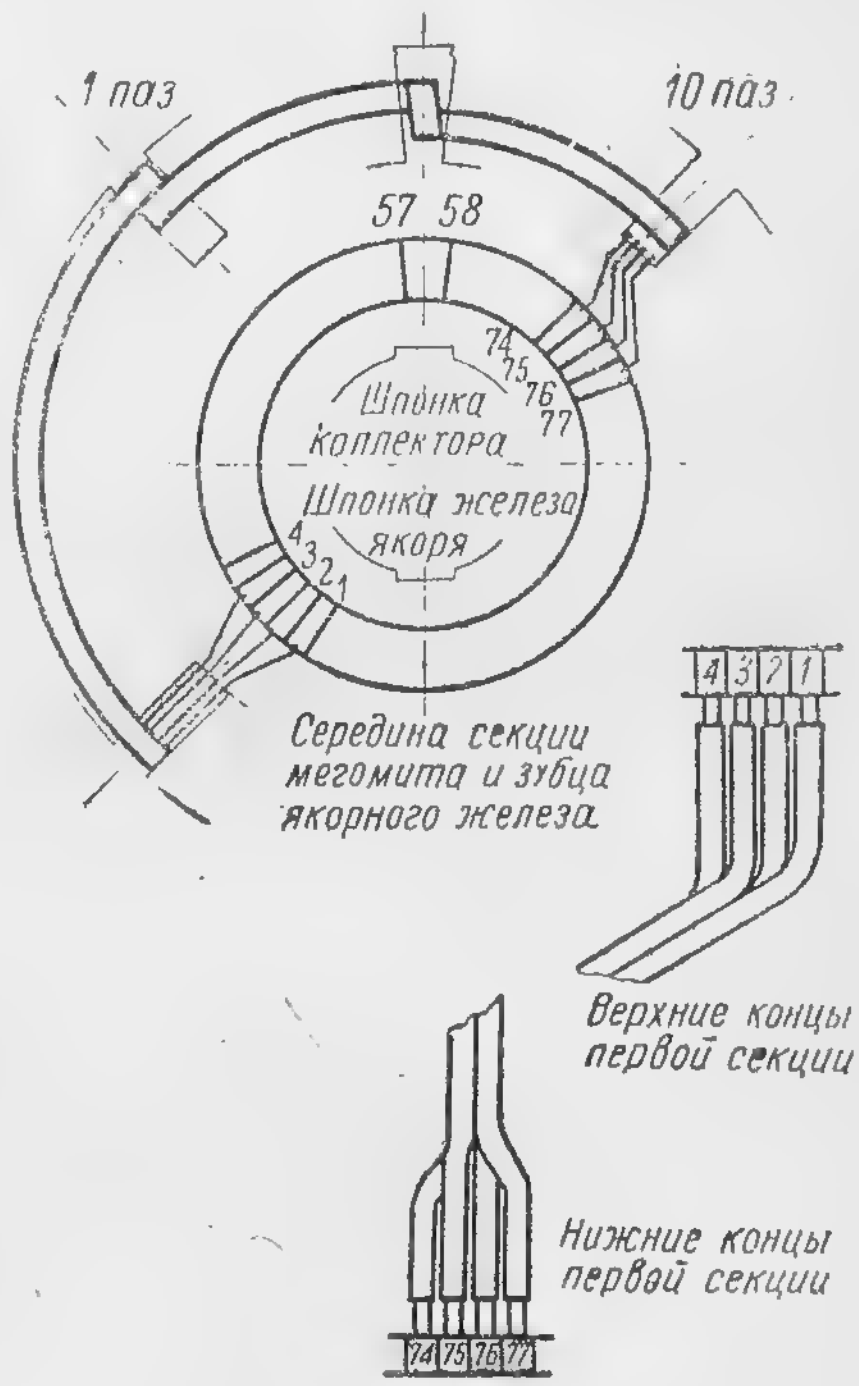
в горячем состоянии погружают в изоляционный лак № 447 и держат там не менее 5 мин.

Пропитанные секции сушат в печи в течение 6—7 час. при температуре 90—100° С. Пропитку и сушку производят два раза.

Концы секций залуживают третником. Секции укладывают в пазы высушенного сердечника якорного железа. Об-

мотчик предварительно производит разметку якоря по чертежу схемы обмотки (фиг. 118 и 119).

После укладки секций в пазы, а концов секций в прорезы петушков коллектора якорь для определения междувитковых замыканий в секциях подвергают испытанию на трансформаторе (фиг. 120).



Фиг. 119. Схема обмотки двигателя ДТИ-60.

Затем для проверки электрической прочности изоляции якоря к коллектору подводят высокое напряжение (см. фиг. 112).

После укладки обмотки, пайки концов с туго затянутыми в лобовых частях стяжками и проточки коллектора, якорь подвергают сушке в печи в течение 6 час. при температуре 110° С.

Вынутый из печи горячий якорь в вертикальном положении погружают в бак с лаком № 1302/447 (удельный вес 0,835—0,840) и держат там не менее 10 мин. (пока не прекратится выделение пузырьков воздуха).

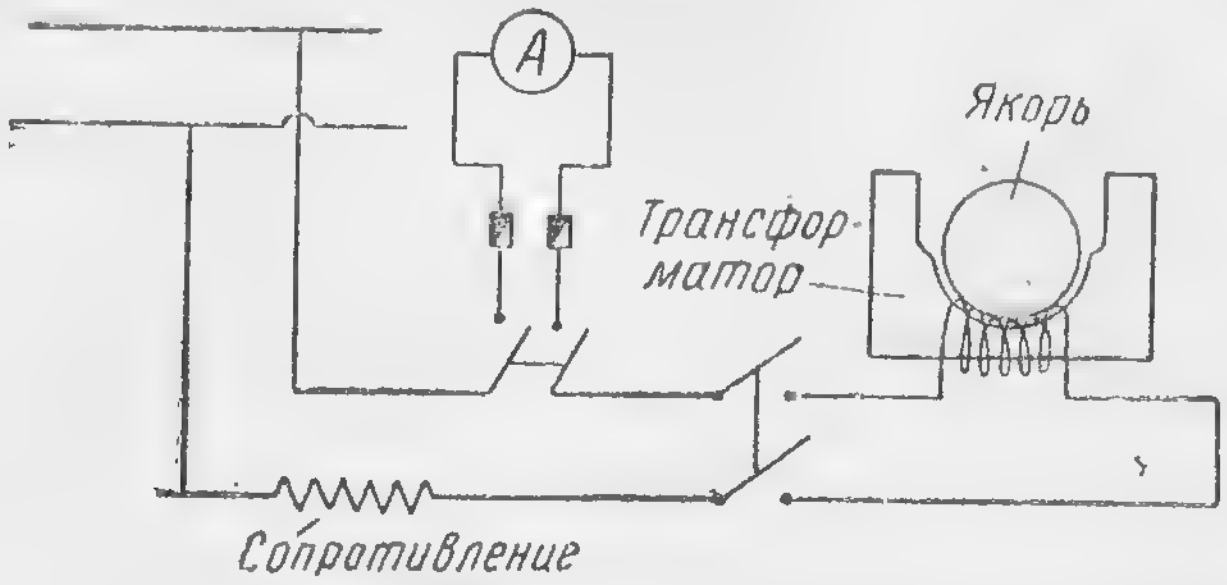
После пропитки якорь подвешивают или устанавливают в наклонном положении на 20 мин. для стекания лака и затем сушат в течение 12 час. при температуре 90—100° С.

Высушенный якорь подвергают постоянной бандажировке и вновь сушат при температуре 110° С в течение 6 час. Операция по пропитке и сушке якоря производится дважды.

Щеткодержатели при ремонте подвергаются разборке. Пружины и нажимные пальцы проверяются, негодные заменяются новыми.

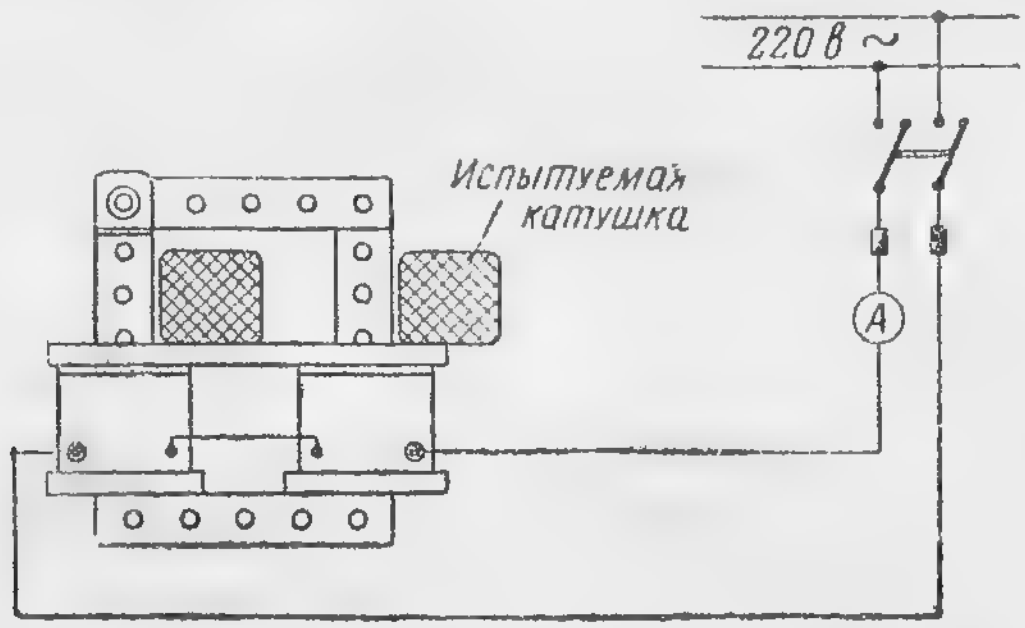
Гнезда щеткодержателя проверяются по калибрам. Калибр делается с допусками по толщине щетки $+0{,}15 \div +0{,}2$ мм, по ширине двух щеток $+1{,}0 \div 1{,}5$ мм.

Изношенные гнезда щеткодержателей распиливаются и после вставки медных пластинок (на заклепках) вновь распиливаются под калибр.



Фиг. 120. Испытания обмотки якоря на междувитковое замыкание.

Для щеткодержателей, выпущенных из среднего периодического ремонта, разрешаются допуски по ÷ 1 мм по толщине и ширине щетки.



Фиг. 121. Трансформатор для испытания катушек.

В эксплоатации допускаются щеткодержатели с износом гнезд + 1,5 мм по толщине и ширине щетки.

Магнитные катушки с поврежденной изоляцией ремонтируются путем наложения новой изоляции (тафтяная лента) с последующей пропиткой изоляционным лаком.

Для проверки магнитных катушек на междувитковое замыкание применяется специальный трансформатор (фиг. 121).

Замыкание витков катушки устанавливается показанием амперметра или нагреванием катушки. Правильность полярности магнитных катушек проверяется по схеме фиг. 122.

Английская бечевка №№ 3210 и 3311, пропитанная в льняном масле, — для якорных бандажей.

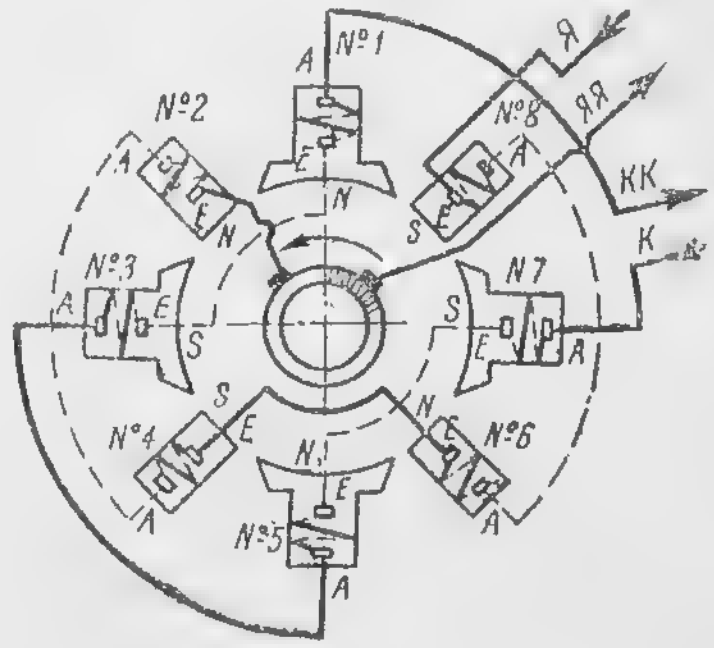
Леатероид № 3105 из хлопкового волокна — для секций якоря от пазов и др.

Лента хлопчатобумажная № 3207, пропитанная в лаке № 2101 (447), и лента № 3307 — для секций, катушек и железа якоря.

Миканит № 4402 на копаловом лаке — для передней шайбы якоря:

Миканит № 4401 на копаловом лаке (гибкий) — для секций якоря.

Полотно № 3202 (суровое), не пропитанное — для напора якоря.



Фиг. 122. Схема соединения катушек в двигателе.

Прессшпан № 3103, пропитанный олифой, — для якорной обмотки от железа якоря.

Замазка № 2201 (из асбестового волокна, глета, мела и лака № 458) — для замазки воздушных мешков, образующихся при изолировке магнитных катушек.

Асбестовая лента — для катушек.

Киперная лента — для магнитных катушек снаружи.

В табл. 77 приведены данные основных изоляционных лаков.

100. АППАРАТЫ УПРАВЛЕНИЯ

Аппараты управления делятся на четыре группы:

1) силовые контроллеры для непосредственного управления тяговыми двигателями;

2) силовые контроллеры для системы управления с линейным контактором;

3) контроллеры управления, иначе называемые контроллерами вагоновожатого (или машиниста), для дистанционного управления силовыми контроллерами или контакторами;

4) контроллеры и реверсоры с электромагнитным или электропневматическим приводом (фиг. 123).

Непосредственное управление имеет ряд недостатков.

Таблица 77

Изоляционные лаки для тяговых двигателей

Номер лака и завод-изготовитель	Характер сушки	Время сушки при 100° С	Электрическая прочность, *кв/мм*	Область применения	Прочие данные
851 ХЭМЗ ВЭТ	Воздушная	40 м. ÷ 1 ч.	35—50	Покровный для обмоток машин	Хрупкий, гигроскопичный
„Красный маляр" треста „Лакокраска"	„	50 м ÷ ÷1 ч. 10 м.	15—25	То же	Хрупкий, более гигроскопичный, чем 851
158 ХЭМЗ ВЭТ	Легкая печная	2 ÷ 3 ч.	40—55	Покровный отделочный и для пропитки обмоток	Хрупкий мало гигроскопичный
462 ХЭМЗ ВЭТ	„	3 ÷ 5 ч.	—	Пропиточный для обмоток и клеющий для слюдяных изделий	Эластичный
319 „Красный маляр" треста „Лакокраска"	Длительная печная	6 ÷ 12 ч.	45—60	Пропиточный	Мало гигроскопичный и весьма эластичный
842 ХЭМЗ ВЭТ	„	9 ÷ 14 ч.	35—50	Пропиточный для полюсных катушек	То же
458 ХЭМЗ	Печная	6 ÷ 10 ч.	—	Пропиточный для магнитных катушек	Весьма эластичный
447 ХЭМЗ	„	6 ÷ 12 ч.	—	Пропиточный для якорных секций	Эластичный

Так как максимальная скорость трамвайных вагонов ограничена условиями городского движения, повышение эксплоатационной скорости возможно лишь путем увеличения ускорения и замедления. До последнего времени считалось достаточным ускорение 0,6—0,7 м/сек². Увеличение ускорения причиняет беспокойство пассажирам, так как большинство существующих типов барабанных и кулачковых контроллеров имеют 3—4 позиции реостатного пуска на

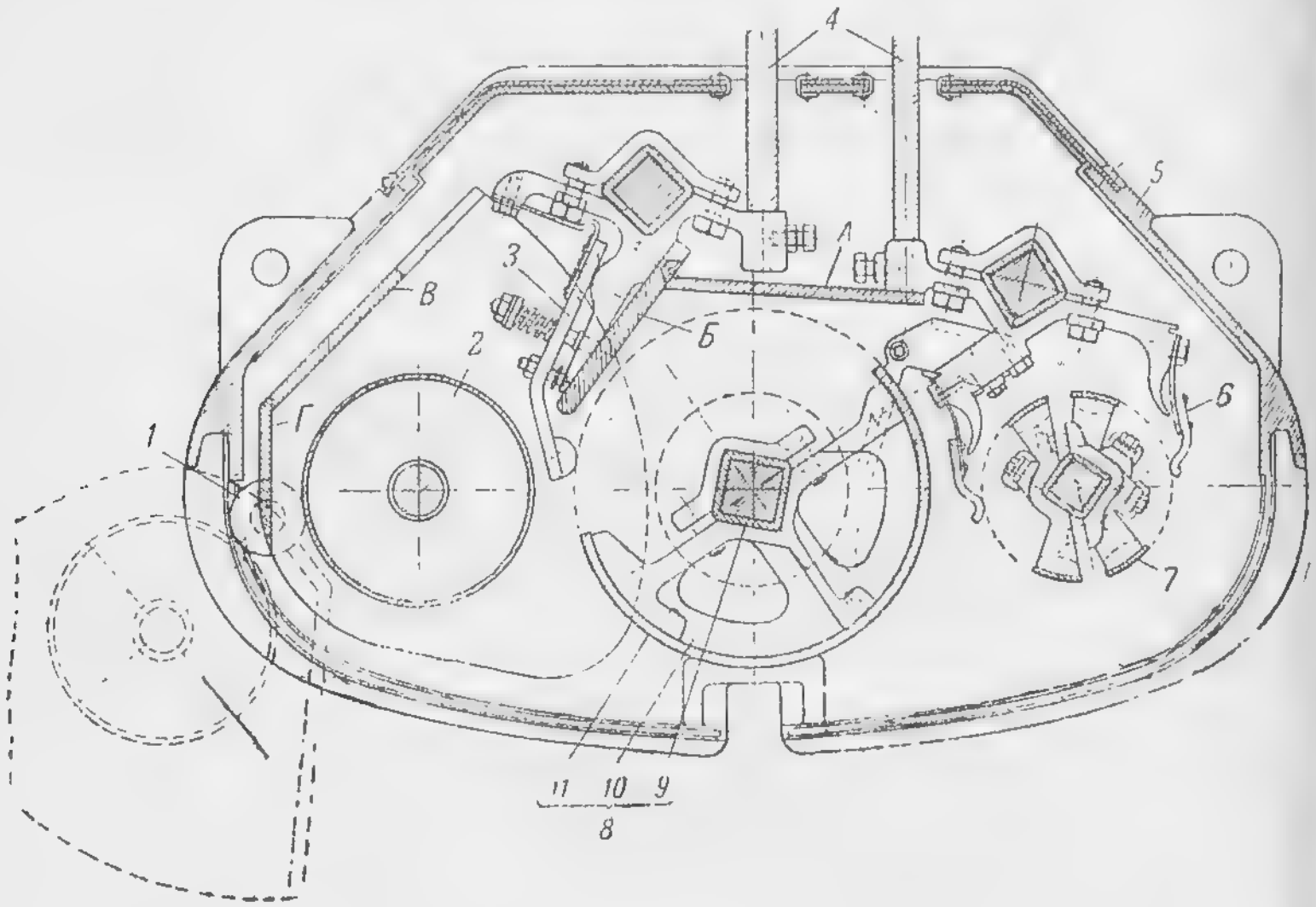
Фиг. 123. Реверсор.

последовательном соединении двигателей, 2—3 реостатных позиции на параллельном соединении и 2—3 ходовых позиции (включая шунтировку поля).

Для достижения на новых трамвайных вагонах высокого ускорения порядка 1 м/сек,² такого количества позиций оказывается недостаточно. Большее количество позиций контроллер барабанного или кулачкового типа может дать лишь с большим конструктивным усложнением и утяжелением управления. Для достижения еще более высокого ускорения вагонов строятся многоступенчатые системы управления часто без последовательно-параллельного соединения как в контроллерном, так и в контакторном управлении.

В 1945—1946 гг. в системе непосредственного управления трамвайных вагонов СССР вместо барабанного контрол-

лера применяется кулачковый контроллер, который облегчил уход за электрооборудованием и способствовал изжитию частых неполадок, имевших место в барабанных контроллерах.



Фиг. 124. Силовой контроллер (поперечный разрез):

1—ось вращения искрогасителя; *2*—искрогасительная катушка; *3*—главный палец; *4*—ввод проводов; *5*—корпус; *6*—реверсивный палец; *7*—реверсивный барабан; *8*—главный барабан; *9*—изолированный вал; *10*—сегментодержатель; *11*—контактный сегмент;
А—защитная перегородка клемм; *Б*—защитная перегородка пальцедержателей; *В* и *Г*—защитная перегородка искрогасителя.

Для двухосных вагонов применяется кулачковый контроллер типа МТ-1А (8 пусковых позиций), а для четырехосных вагонов — типа МТ-4А (8 пусковых позиций).

Контакторная система управления трамвайным вагоном с контроллером вожатого имеет следующие преимущества по сравнению с обычными силовыми контроллерами:

а) удобство управления и небольшие физические усилия, требуемые от вагоновожатого;

б) меньшие эксплоатационные расходы;

в) надежная и простая защита от перегрузки при помощи максимального реле, сочлененного с линейным контактором;

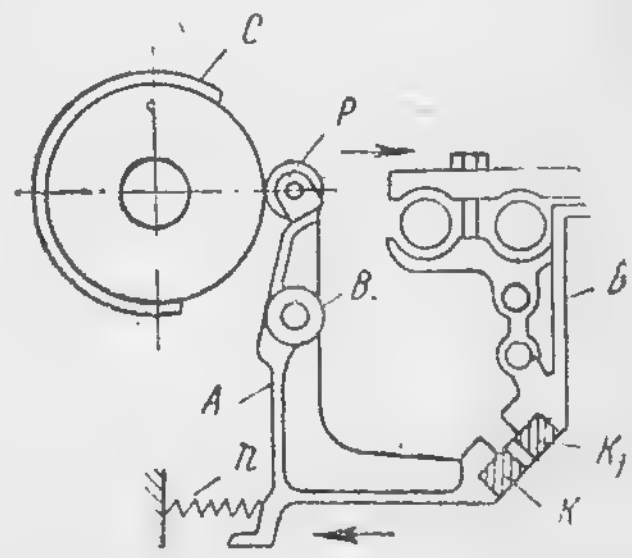
г) уменьшение веса;

д) легко осуществимое управление поездом по системе многих единиц.

Групповые контроллеры, силовые и в цепях управления бывают барабанные и кулачковые.

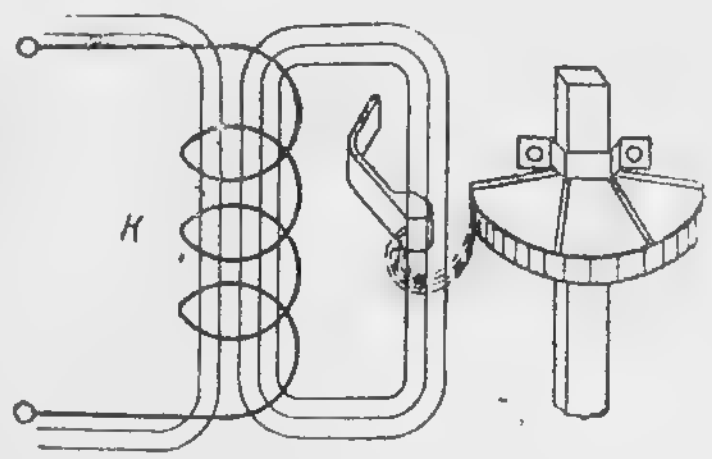
В барабанных контроллерах каждый контактный элемент представляет собой сегмент барабана (фиг. 124), по которому скользит контактный пружинный палец, размыкающий цепь тока при сходе с сегмента.

В кулачковых контроллерах применяется контактный элемент контакторного типа (фиг. 125). Он состоит из одного подвижного контакта *А* и одного неподвижного контакта *Б*, приводимого в движение кулачковой шайбой *С*, установленной на общем валу привода. По профилю шайбы катится ролик *Р* двуплечего рычага *В*, качающегося на оси. Если ролик находится во впадине, контакты *КК*1 замкнуты под действием пружины *п*, работающей на сжатие. Если же ролик *Р* находится на выступе (кулачке), то контакты разомкнуты.



Фиг. 125. Кулачковый элемент.

По системе искрогашения барабанные контроллеры делятся на: а) контроллеры с групповым искрогашением с продольным (аксиальным) полем (фиг. 126) и поперечным магнитным полем (фиг. 127), и б) контроллеры с индивидуальным искрогашением с аксиальным полем. Кулачковые контроллеры бывают преимущественно с индивидуальным искрогашением (с аксиальным полем).



Фиг. 126. Искрогашение с аксиальным полем.

Технические данные контроллеров типов завода «Динамо» им. С. М. Кирова приведены в табл. 78.

Схемы контроллеров, в частности серии ДК и ДТ (фиг. 128 и 129), предусматривают следующие функции:

1) последовательно-параллельное включение электродвигателей со ступенчатым выведением пусковых сопротивлений и переходом от последовательного соединения к параллельному по способу короткого замыкания одного из электродвигателей;

Таблица 78

Технические данные контроллеров

Область применения	Существующий тип контроллера	Данные электродвигателей					Число позиций[1]			Примечание
		число на 1 вагон	часовая мощность *квт*	Тип	Ток, *а*		последовательного включения	параллельного включения	тормозных	
					часовой	длительный				
Трамвай	ДК-4	2	40	ДР-3К	80	50	4*р*+1*х*+1*ш*	2*р*+1*х*+1*ш*	5*р*+1 *к. з.*	Выпускается тип ДК-4М
То же	ДТ-41	4	40	ПТ-35А	80	50	4*р*+1*х*+1*ш*	2*р*+1*х*+1*ш*	5*р*+1 *к. з.*	Заменен типом ДТ-42А
»	ДК-4М	2	60	ДТИ-60 ДМ1-А	112	70	4*р*+1*х*+1*ш*	2*р*+1*х*+1*ш*	5*р*+1 *к. з.*	С рукояткой РК-751 для управления контактором
»	ДТ-42А	4	60	ДТИ-60	112	70	4*р*+1*х*+1*ш*	2*р*+1*х*+1*ш*	5*р*+1 *к. з.*	
»	ДТ-23А	2	60	ДТИ-60	112	70	4*р*+1*х*+1*ш*	2*р*+1*х*+1*ш*	5*р*+1 *к. з.*	Заменен типом ДК-4М
Электровозы промышленного типа	ДЭ-22А	2	75	ДБ-2 ДПЭ-100	135 150	90 100	4*р*+1*х*	2*р*+1*х*	5*р*+1 *к. з.*	С рукоятки РК-751 для управления линейным контактором
То же	ДЭ-21	2	70	ДБ-2	135	190	4*р*+1*х*	2*р*+1*х*	5*р*+1 *к. з.*	Заменен типом ДЭ-22А

[1] Цифрами обозначено число положений (позиций) контроллера, а буквами — назначение этих позиций со следующими условными обозначениями:

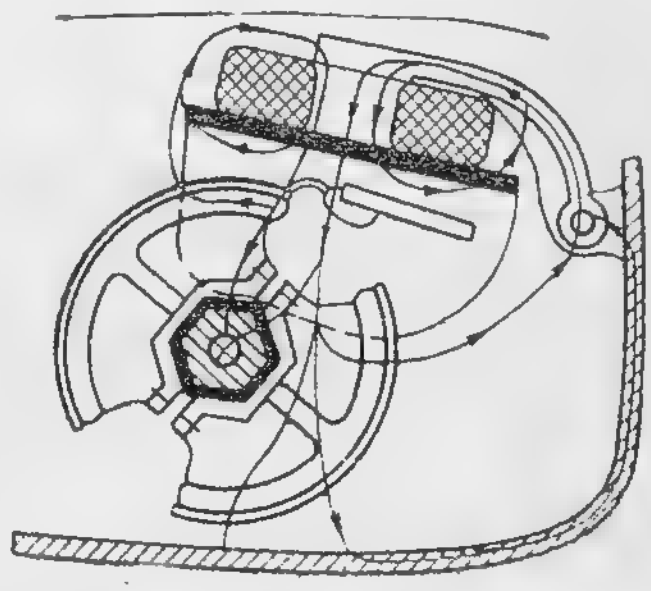
р — реостатные позиции с включенными пусковыми сопротивлениями;
х — ходовые позиции с выключенными пусковыми сопротивлениями;
ш — шунтировка поля двигателей;
к. з. — электрическое торможение коротким замыканием.

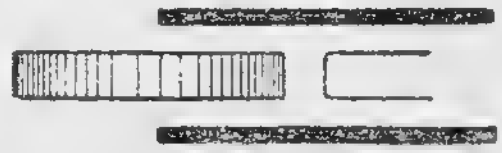
2) отключение неисправного электродвигателя для движения (аварийного — только до парка) на оставшемся исправном;

3) реверсирование при движении на двух и на одном электродвигателе путем изменения направления тока в якоре или обмотке возбуждения (в некоторых схемах);

4) увеличение скорости ослаблением поля электродвигателей при последовательном и параллельном их соединении непосредственно после ходовых положений;

5) экстренное торможение на шести положениях с поглощением энергии в реостатах при перекрестном (цикличе-ском) возбуждении электродвигателей, работающих генераторами.





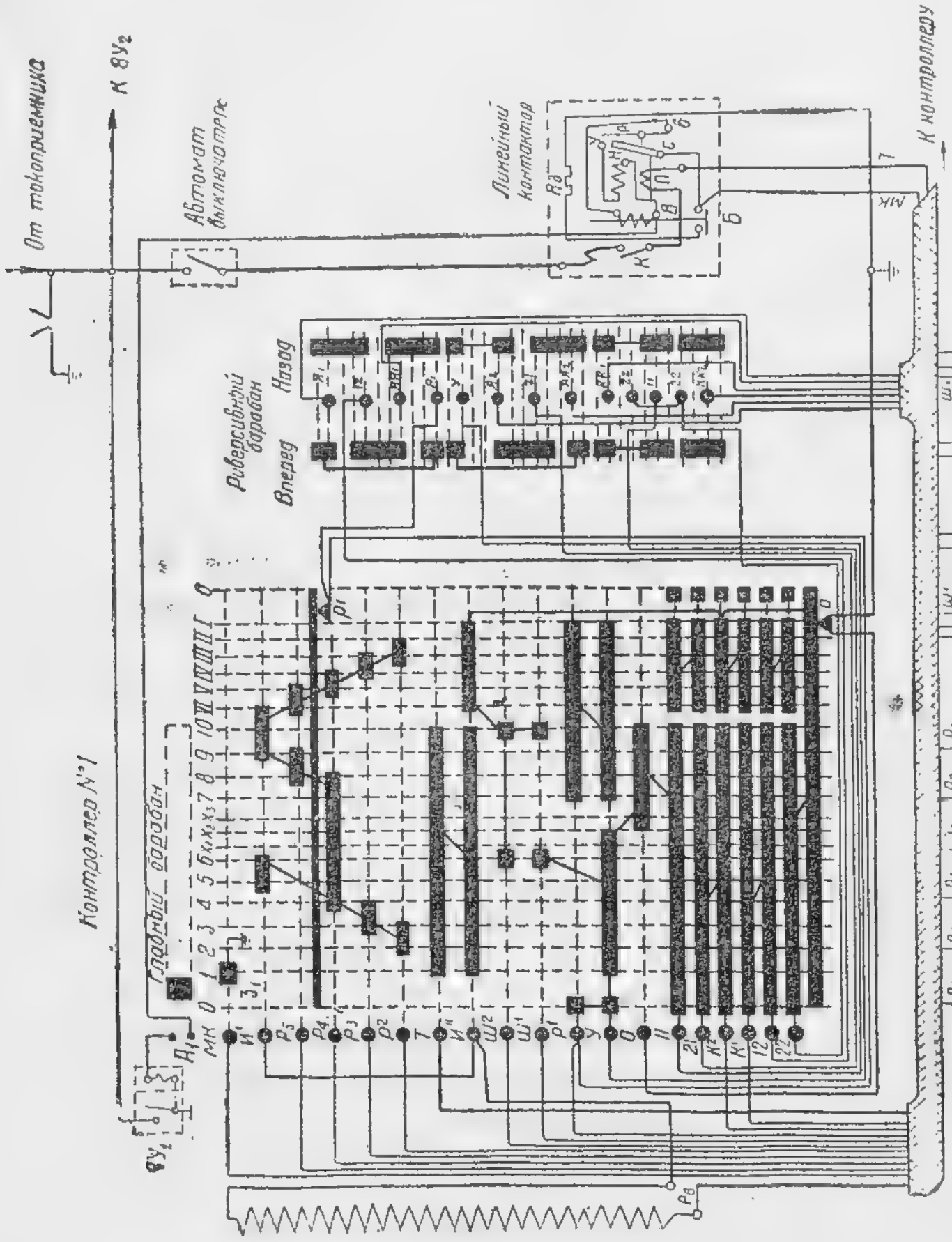
Фиг. 127. Искрогашение с поперечным полем.

Контроллер, предназначенный для управления с линейным контактором, несколько видоизменен. Вместо обычной главной рукоятки на нем применена специальная рукоятка, имеющая внутри контакты для замыкания и размыкания цепи подъемной катушки линейного контактора (фиг. 130). По схеме добавлены: установленный на главном барабане заземленный сегмент и соответствующий ему палец *МК* цепи управления линейного контактора.

Рукоятка типа РК-751 представляет собой укрепленную на крышке контроллера литую коробку с вынесенной прямоугольной частью. В нее выводятся провода цепи управления линейного контактора и приключаются к неподвижным контактам. На крышке литой коробки помещается рукоятка, вращающаяся на небольшой угол (около 14°) вокруг вертикальной оси. При повороте рукоятки в направлении часовой стрелки на 14° цепь замыкается. При обратном повороте на тот же угол цепь размыкается.

Упрощенная схема линейного контактора представлена на фиг. 130. Включение контактора происходит только после того, как рукоятка и главный барабан контроллера, двигаясь совместно (с положения «стоп»), станут на первое положение, на котором заземленный сегмент контроллера коснется пальца цепи управления.

При дальнейшем движении рукоятки контроллера на второе и последующие положения заземленный сегмент главного барабана отсоединяется от пальца цепи управления. Цепь замыкается через добавочное трубчатое сопротивле-

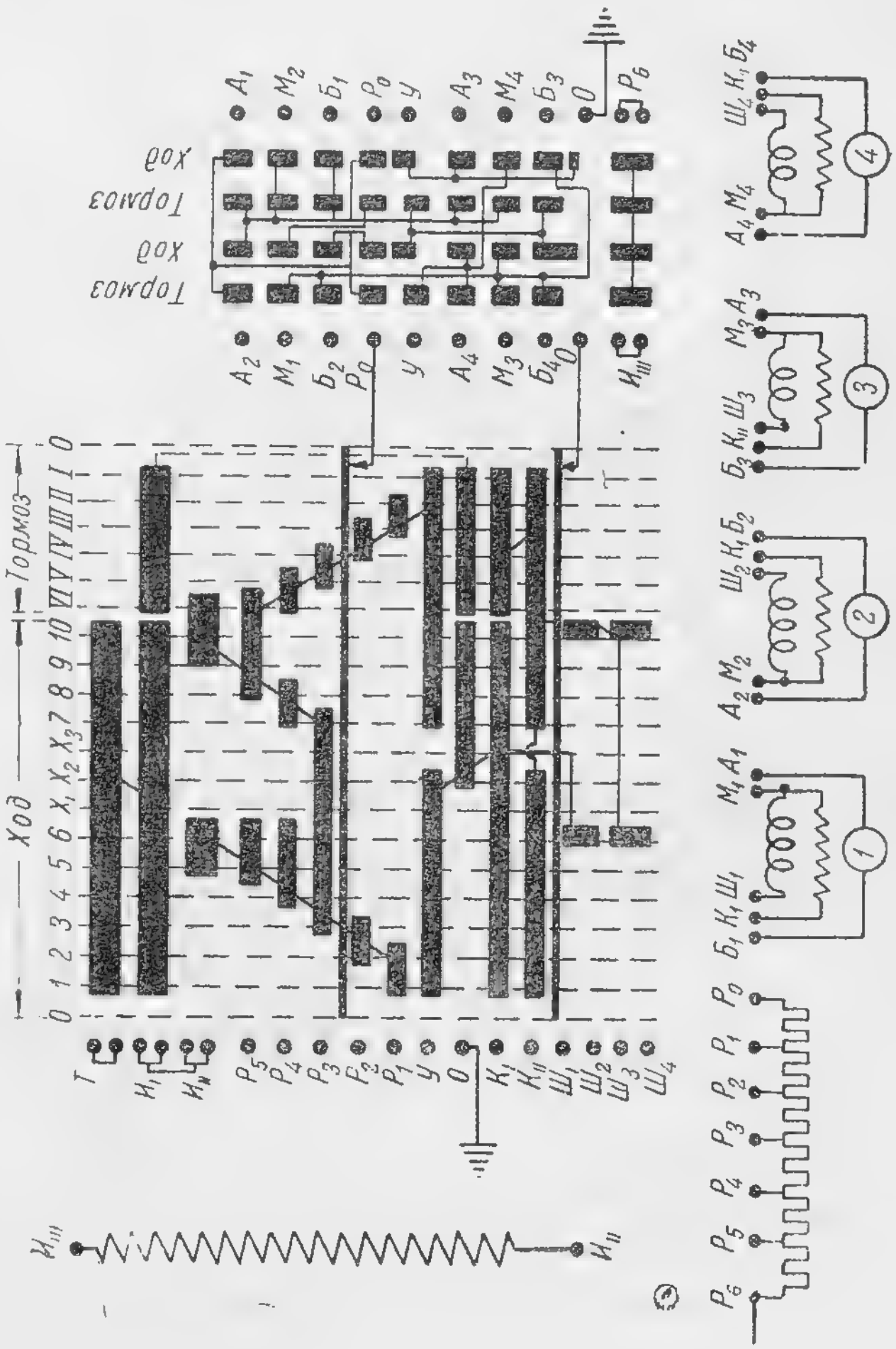


Фиг. 128. Схема контроллера ДК-4М.

ние (помещенное в линейном контакторе) на землю и фиксируется собственной блокировкой линейного контактора.

Для размыкания главной цепи достаточно только одного размыкания контактов внутри коробки рукоятки путем дви-

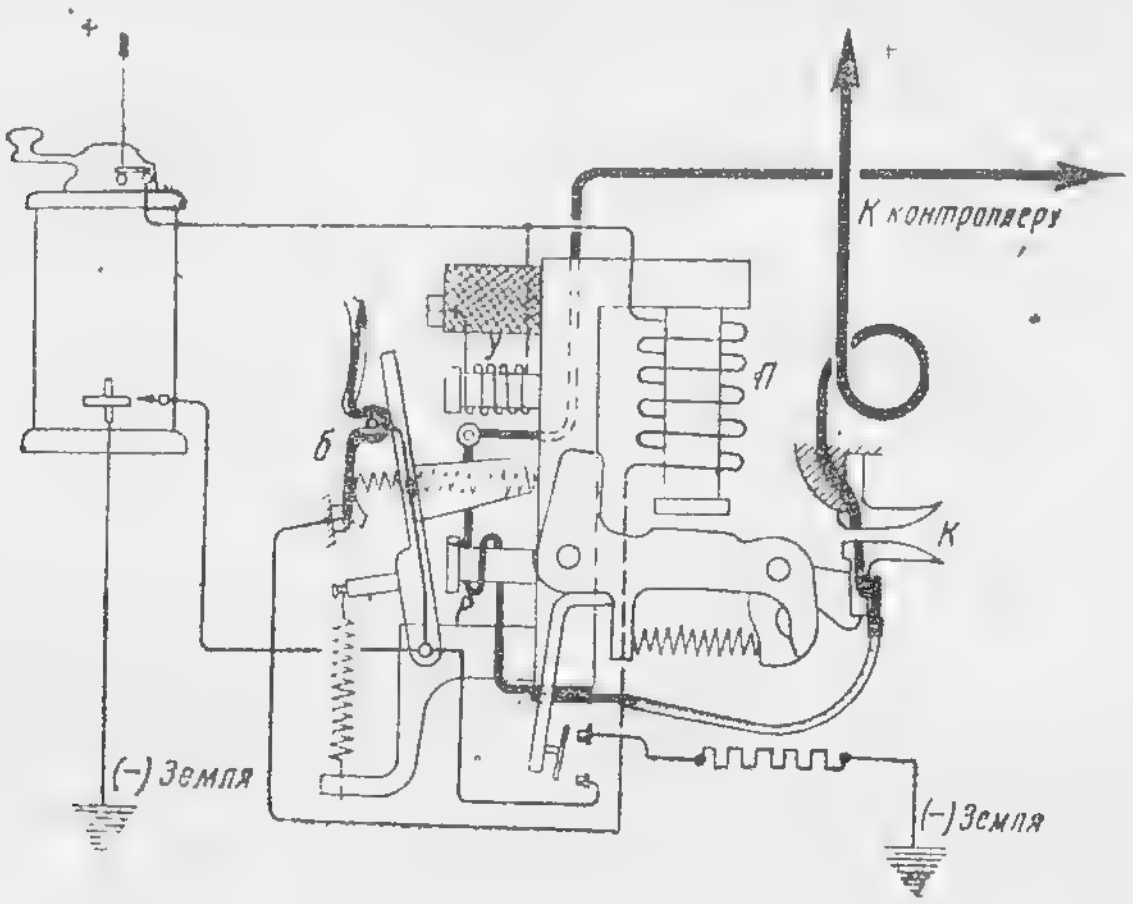
жения рукоятки в обратную сторону с любого положения контроллера за счет ее свободного хода. Дальнейший поворот рукоятки уже вместе с главным барабаном происходит



Фиг. 129. Схема контроллера ДТ-41.

без тока в цепи. Это дает значительные преимущества для эксплоатации, удлиняя срок службы пальцев и сегментов главного барабана контроллера. Кроме замыкания и размы-

кания главной цепи электрооборудования, линейный контактор выполняет функции автоматического выключателя,



Фиг. 130. Схема линейного контактора.

разрывая главную цепь при перегрузках и коротких замыканиях.

101. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ И ЛИНЕЙНЫЕ КОНТАКТОРЫ

Контактор серии «МК» (фиг. 131) имеет один неподвижный контакт *1*, к которому присоединена искрогасительная катушка *2* с искрогасительной камерой *3*, и один подвижный контакт *4*, приводимый в движение электромагнитом *5* и присоединенный к своему кабельному наконечнику гибким шунтом *7* через обойму с винтом *11*.

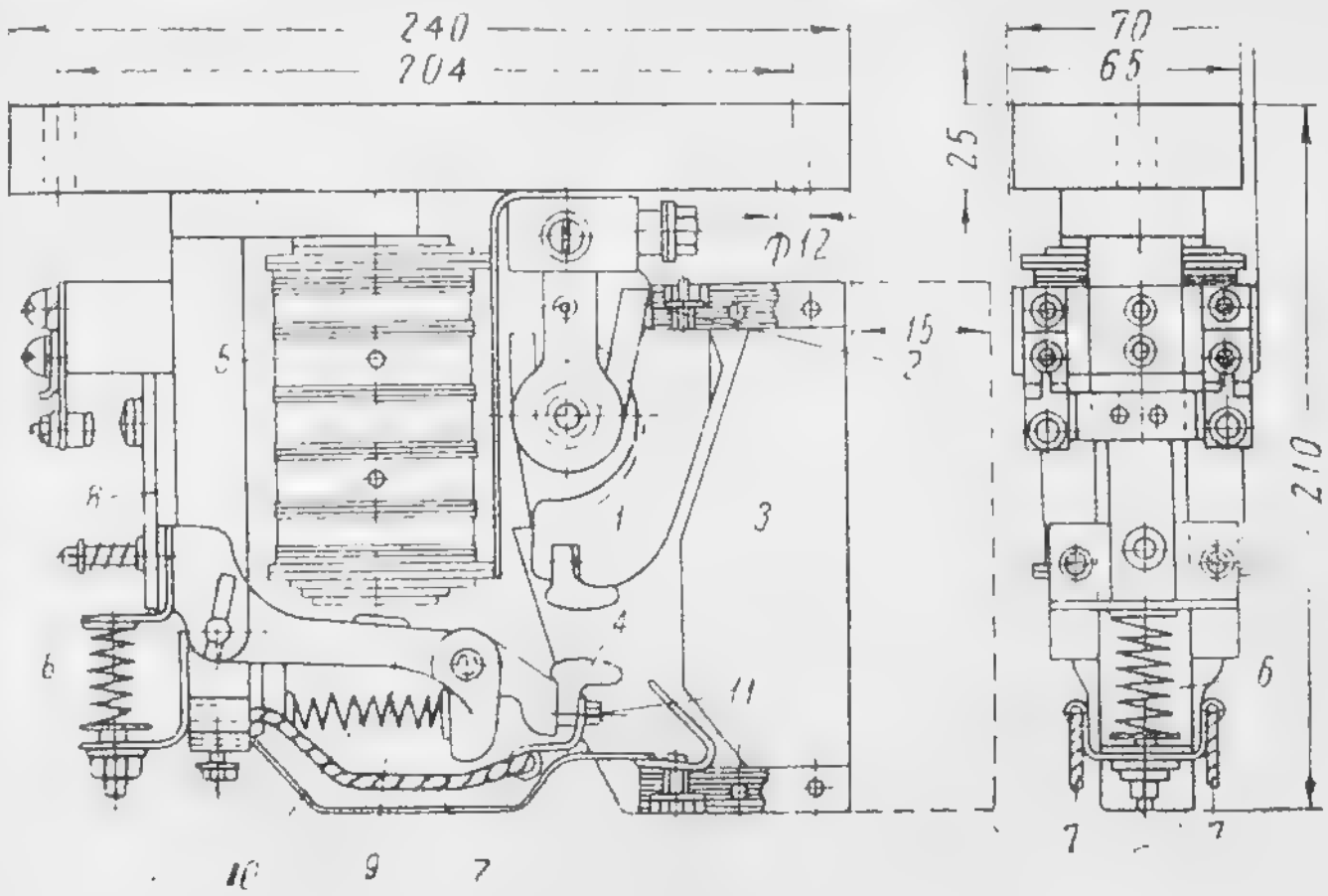
Контактор выключается под действием силы тяжести или пружины *6*, а также той и другой вместе. При выключении магнита *5* рычаг *9* подвижного контакта оттягивается пружиной *10*.

Боковые стенки искрогасительной камеры и внутренние перегородки сделаны из асбестоцементных плит (кампаунд 121-8202).

На камере укреплены полюсы, подводящие поток от магнитных сердечников искрогасительных катушек к передней части контактов.

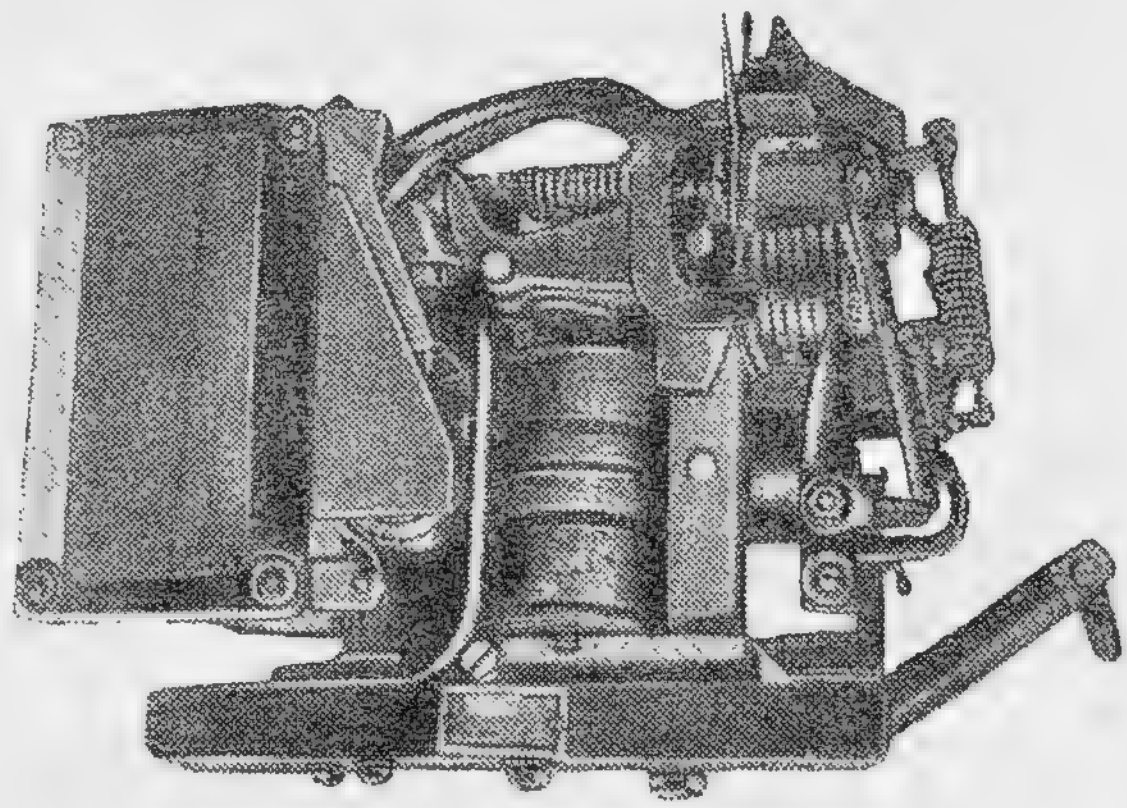
Некоторые контакторы снабжены блокировочными пальцами *8* для цепей управления.

Пружина *6* рассчитана на максимальное усилие, при котором контактор удовлетворительно включается при наинизшем допускаемом на подъемной катушке напряжении.



Фиг. 131. Электромагнитный контактор.

Контакторы типа МК-601, 603, 604 и МКМ-602 снабжены пружиной для выключения контактов при вертикальном их



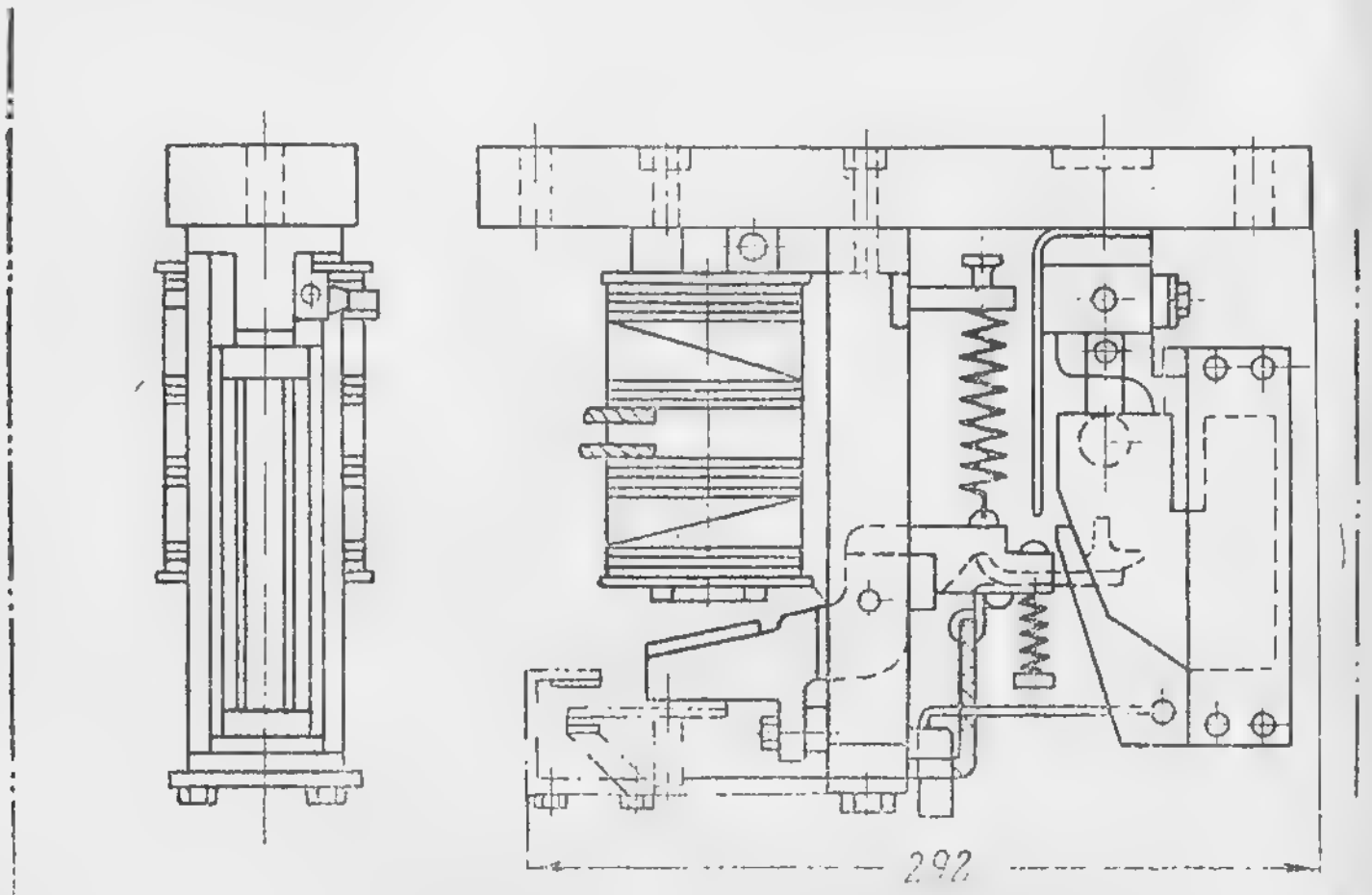
Фиг. 132. Линейный контактор.

монтаже; в этих контакторах включение почти полностью зависит от действия пружины.

Линейные контакторы типа МК-751, 757, 758 (фиг. 132 и 133) принципиально не отличаются от описанных выше. Они применяются в качестве линейных для оборудования трамвайных вагонов в системах контроллерного (непосредственного) и контакторного (дистанционного) управления.

Линейный контактор выключается всегда первым, воспринимая на себя разрыв всей мощности.

Линейный контактор имеет мощное искрогасительное устройство с удлиненной камерой, выступающее из ящика наружу. Выключение контактора происходит под действием



Фиг. 133. Негативный контактор.

силы тяжести, т. е. собственного веса якоря подвижного контакта.

Реле перегрузки (максимальное реле) сочленено непосредственно с контактором. Автоматическое выключение контактора происходит вследствие притяжения якоря реле перегрузки сериесной катушкой реле. При этом притяжении контакты реле размыкают цепь подъемной (включающей) катушки линейного контактора. Якорь реле удерживается в притянутом положении. Реле обеспечивает разрыв главных контактов удерживающей (шунтовой) катушкой (МК-757, 758) или пружинной электромагнитной защелкой, управляемой восстанавливающей катушкой МК-751 реле (см. фиг. 132). Во всех типах электромагнитных линейных контакторов удерживающая катушка питается от сети.

Таблица 79

Технические данные тяговых электромагнитных контакторов завода „Динамо“ им. Кирова[1]

Тип	Ток, *а*		Данные контакторов								Примечание
			разрыв, мм		притирание, мм		начальное давление, кг		конечное давление, кг		
	часовой	длительный	от	до	от	до	от	до	от	до	
МК-758, 751 . . .	400	275	14	16,5	6	8	1,5	2	6	8	Линейные
МК-757, 756 . . .	300	200	14	16,5	6	8	1	1,5	4,5	5,5	„
МК-754	300	200	14	16,5	6	8	1	1,5	4,5	5,5	Силовые (реостатные)
МК-601-604 . . .	150	100	14	17	5	7	0,7	1,1	1,6	2,3	„
МК-605	200	150	14	17	5	7	1,1	1,8	2,5	3,5	„
МКМ-602	—	до 50	8	10	3,5	5	0,4	0,65	0,65	0,9	Шунтовые
МКН-600	150	100	—	—	—	—	—	—	—	—	Негативные
МКН-750	—	до 50	12,5	13,5	5	6	1	1,3	1,5	2,2	„
Блокировка Б-6 .	—	3	—	9,5	—	4,5	—	—	0,15	0,25	МК-751-758
Блокировка Б-8 .	—	3	—	9,5	—	3	—	—	0,15	0,25	МК-601-605
Блокировка Б-13 .	—	3	9	—	3	5	—	—	0,15	0,25	МКН-750
Блокировка Б-18 .	—	3	9	—	3	5	—	—	0,15	0,25	МКН-600

[1] Технические данные пневматических контакторов здесь не приведены ввиду того, что последние не имеют распространения на трамваях СССР.

При срабатывании реле перегрузки на якорь контактора принудительно действует упор, укрепленный на якоре реле, ускоряющий выключение контактора. Линейный контактор может быть включен только после выключения контроллера при новом включении его на первую позицию (в контроллерном управлении).

В зависимости от силы регулировочной пружины и числа витков сериесной катушки реле возможна калибровка реле в следующих пределах: 150-450*а*, 200-600*а*, 350-900*а*.

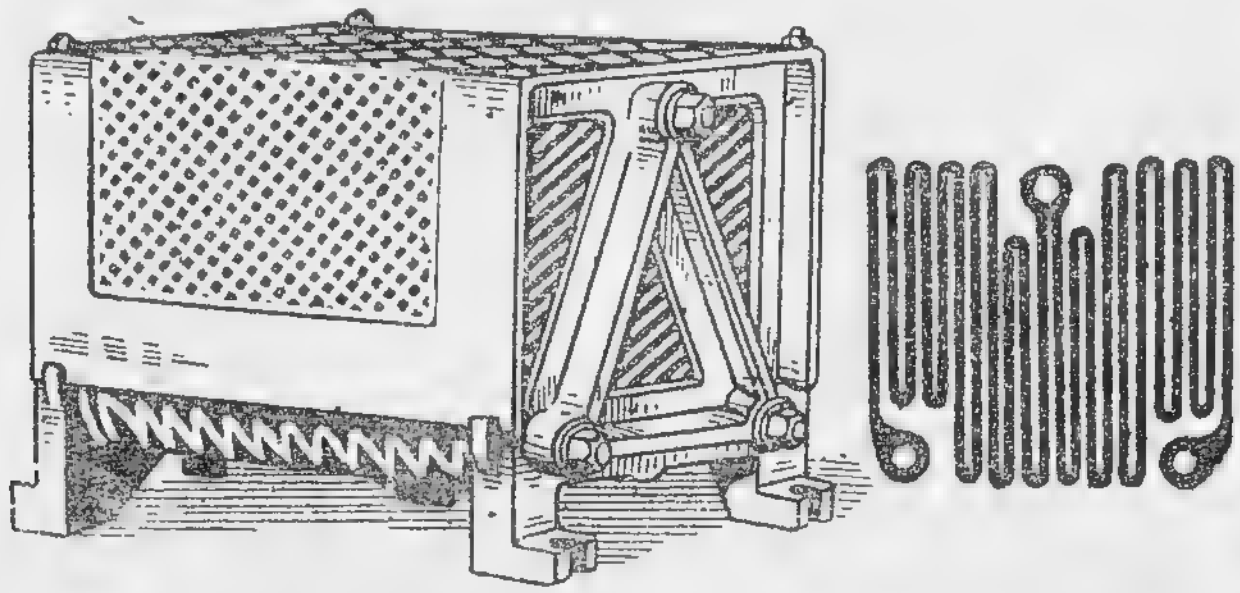
Технические данные контакторов приведены в табл. 79.

102. СОПРОТИВЛЕНИЯ

На трамвайных вагонах применяются следующие сопротивления:

1) из чугунных литых элементов (фиг. 134), 2) ленточные, 3) проволочные спиральные (фиг. 135), 4) проволочные пластинчатые и 5) трубчатые.

Первые три группы сопротивлений применяют в качестве пусковых и тормозных реостатов, а остальные — в качестве

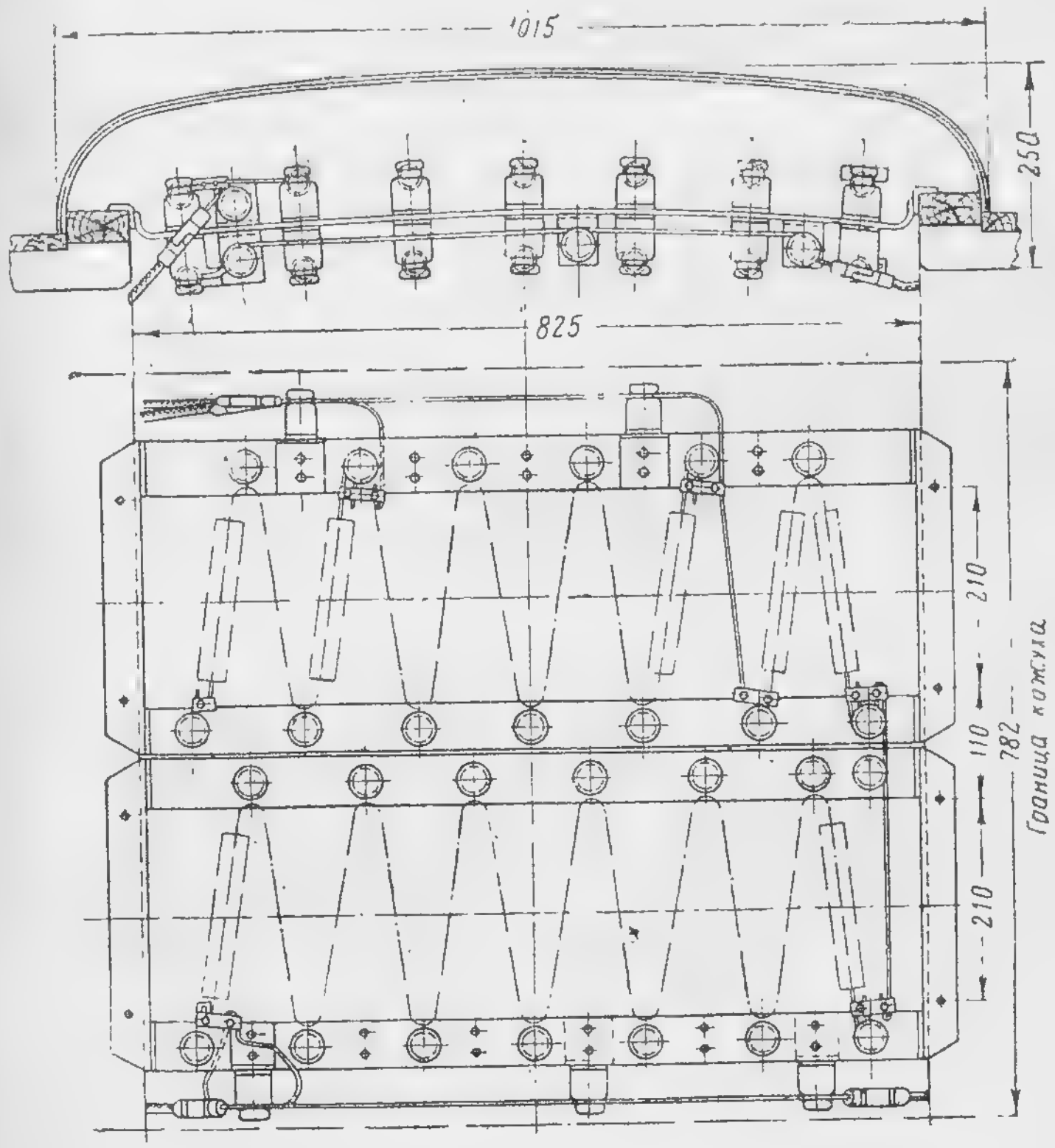


Фиг. 134. Пусковое чугунное сопротивление.

регулировочных, разрядных (например, шунтовой цепи компаундных двигателей), а также добавочных сопротивлений и потенциометров в высоковольтной цепи управления вагона.

Чугунные и ленточные реостаты устанавливают обычно под полом кузова или площадки вагона, проволочные спиральные и пластинчатые сопротивления — на крыше вагона или под кузовом, трубчатые сопротивления — внутри вагона на площадке (добавочные сопротивления во вспомогательных цепях) или под кузовом (шунтовые сопротивления и потенциометры).

Шунты для удобства монтажа и осмотра устанавливают обычно внутри вагона под пассажирскими диванами, ближе к двигателям. Конструкция шунтов позволяет монтировать их также под кузовом. Проволочные и ленточные сопротивления наиболее усовершенствованы и имеют следующие



Фиг. 135. Пусковое проволочное сопротивление.

преимущества: а) меньший вес по сравнению с чугунными, б) бо́льшую надежность в отношении механических и электрических повреждений и в) дешевое и удобное обслуживание.

Проволочные пусковые сопротивления (типа СТК, СТФ) изготовляются из константановой проволоки ∅ 3 и 3,5 мм (СТК) или, в последнее время, из фехралевой проволоки (СТФ) тех же размеров; ленточные сопротивления

(СЛ) — из фехралевой ленты шириной 10, 12 и 15 мм различной толщины (1—1,5 мм). Фехраль— сплав железа, хрома и алюминия, прокатывается в виде проволоки или ленты. Проволоку наматывают в виде спиралей без специальных держателей, а ленту наматывают на ребро.

Пластинчатые и трубчатые сопротивления наматывают на держатель, подобный СЛ или на фарфоровую трубку.

Материалом для этих сопротивлений служит также константан и в редких случаях, при очень большой величине омического сопротивления, нихром-фехраль.

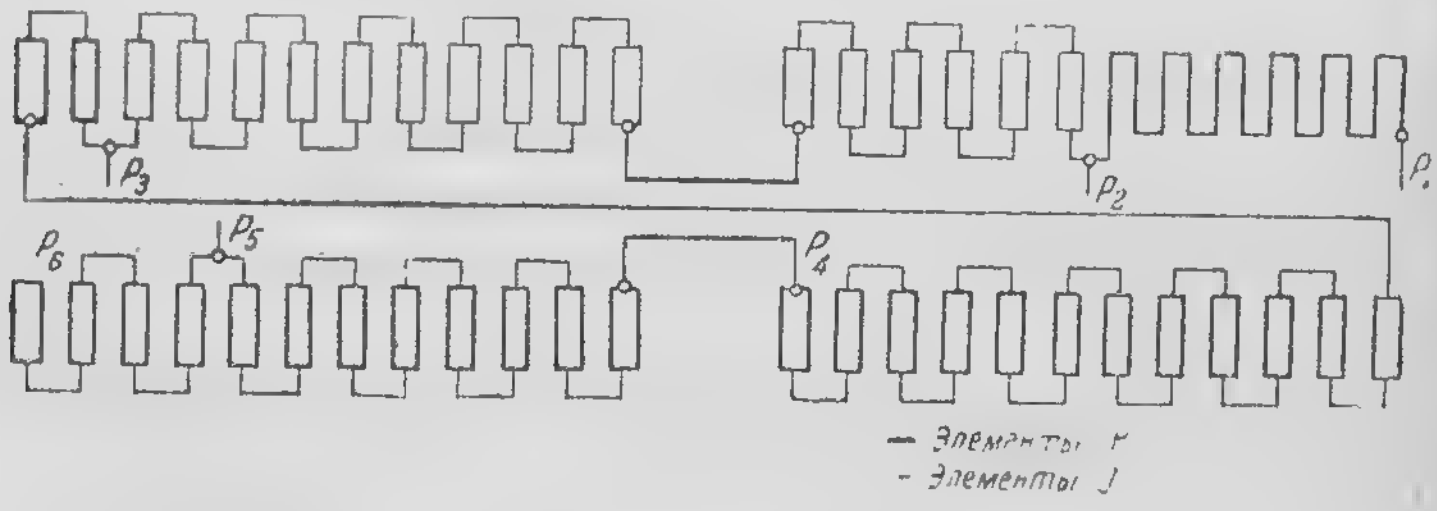
Удельное сопротивление константана 0,48 ом/мм², фехраля и нихрома 1,1 — 1,2 ом/мм². Габариты ящиков сопротивлений указаны в табл. 80.

Таблица 80

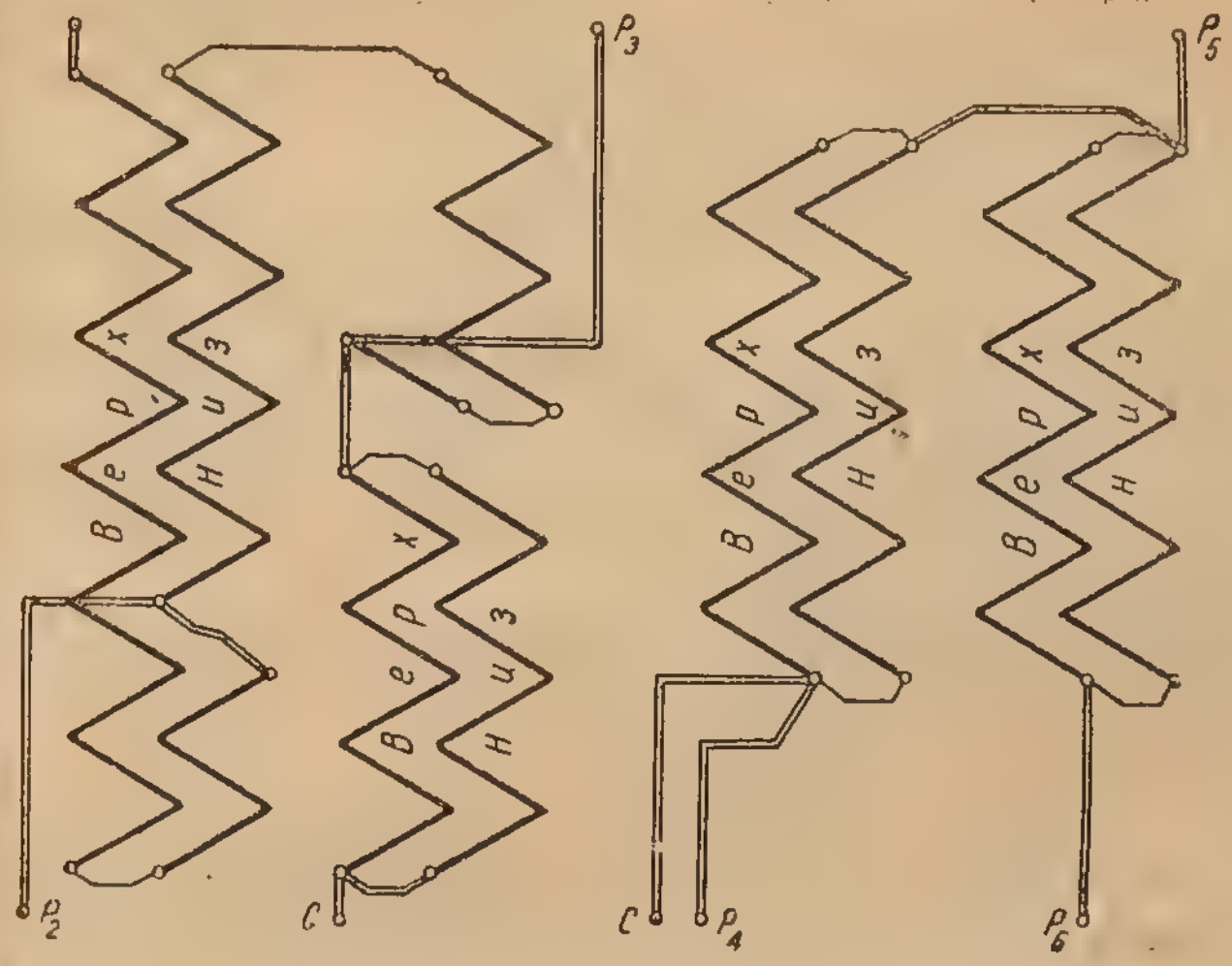
Габаритные размеры ящиков сопротивлений

Тип реостата		Число элементов в ящике	Размеры, мм			Приблизительный вес, кг
			A	*B*	*C*	
Чугунные	GE	48	470	273	330	39
	GE	74	635	273	330	57
	Сименс (GHL-12)	—	424	314	285	30
	AEG (RE)	24	428	300	270	28
Проволочные и ленточные	СТК/СТФ-100, 200	45	1 015	782	250	40
	СТФ-60	70	1 015	1 140	250	60
	СЛ	8	520	575	212/367	24 50
	ЯС (в ящике СТФ-60)	32	1 015	1 140	250	70

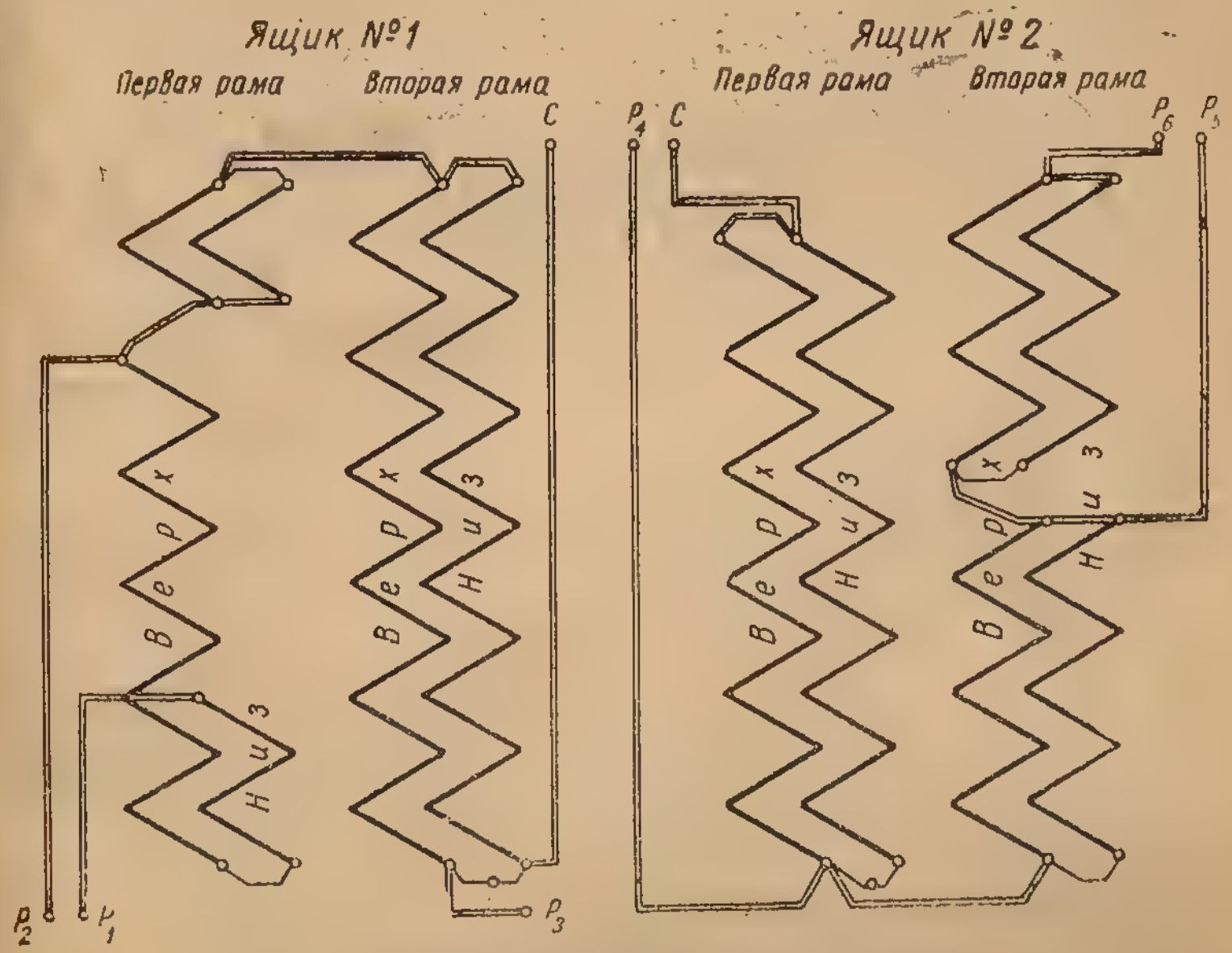
Схема чугунных трамвайных реостатов приведена на фиг. 136, схемы проволочных спиральных реостатов на фиг. 137, 138 и 139.



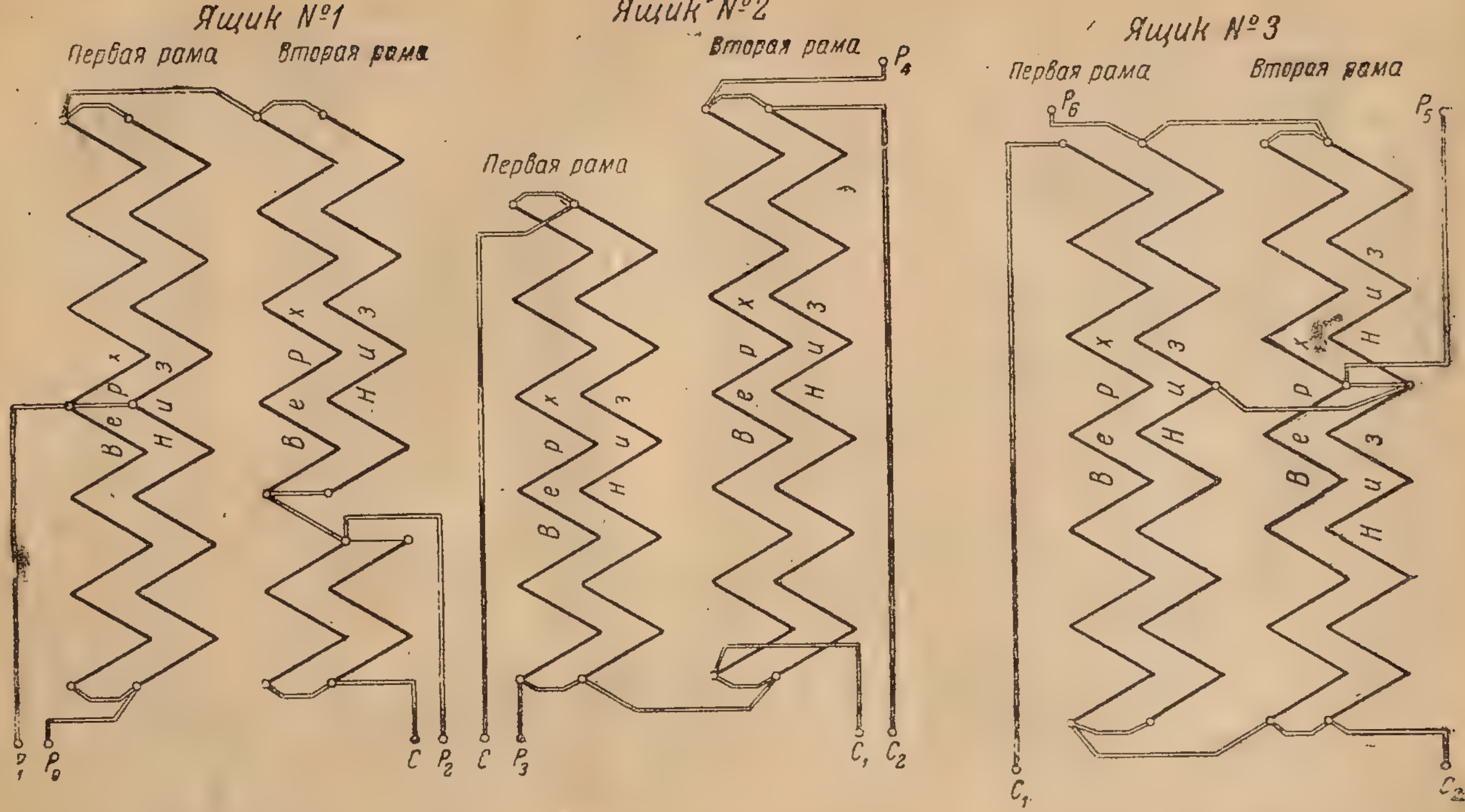
Фиг. 136. Схема чугунных реостатов.



Фиг. 137. Схема проволочных реостатов.



Фиг. 138. Схема проволочных реостатов.



Фиг. 139. Схема проволочных реостатов.

В табл. 81—84 приведены данные пусковых сопротивлений завода «Динамо» им. Кирова.

Таблица 81

Пусковые проволочные сопротивления типа СТК-100 для двухосных трамвайных вагонов

(два двигателя ДМ-1, ДТИ-60, 61, контроллер ДК-4)

Тип	Ступени	Сопротивление ступени, ом	Сумма сопротивлений, ом	Диаметр проволоки, мм	Диаметр спирали, мм	Число витков одной спирали	Число спиралей		
							параллельных	последовательных	общее
СТК-100	$P_1 - P_2$	1 5	1,5	3,5	30	22	1	12	12
	$P_2 - P_3$	1,17	2,67	3,0	30	22	2	14	28
	$P_3 - P_4$	0,89	3,56	3,0	30	22	2	11	22
	$P_4 - P_5$	0,46	4,02	3,0	30	22	2	6	12
	$P_5 - P_6$	0,28	4,3	3,5	30	22	2	5	10
	$P_1 - P_6$	4,3	—	—	—	—	—	—	84

Вес 10 *м* фехралевой проволоки ∅ 3,5 *мм* — 750 *г*, ∅ 3,0 *мм* — 550 *г*.

Таблица 82

Пусковые проволочные сопротивления типа СТК-120 для четырехосных трамвайных вагонов

(четыре двигателя ПТ-35А, ДТИ-60, 61, контроллер ДТ-41, ДТ-42)

Тип	Ступени	Сопротивление ступени, ом	Сумма сопротивлений, ом	Диаметр проволоки, мм	Диаметр спирали, мм	Число витков одной спирали	Число спиралей		
							параллельных	последовательных	общее
СТК-120	$P_0 - P_1$	0,48	—	3,0	30	21	2	6	12
	$P_1 - P_2$	1,12	1,12	3,0	30	21	2	14	28
	$P_2 - P_3$	0,81	1,93	3,5	30	22	2	13	26
	$P_3 - P_4$	0,64	2,57	3,0	30	21	3	12	36
	$P_4 - P_5$	0,29	2,86	3,5	30	22	3	7	21
	$P_5 - P_6$	0,21	3,07	3,5	30	22	3	5	15
	$P_0 - P_6$	3,55	—	—	—	—	—	—	138

Фиг. 139. Схема проволочных реостатов.

Таблица 83

Данные пускового сопротивления типа СТФ-100

Ступени	Сопротивление между ступенями, ом	Сумма сопротивлений, ом	Число спиралей			Внутренний диаметр спирали, мм
			параллельных	последовательных	общее	
$P_1 — P_2$	1,56	1,56	2	11	22	30
$P_2 — P_3$	1,135	2,695	2	8	16	30
$P_3 — P_4$	0,85	3,545	2	6	12	30
$P_4 — P_5$	0,425	3,970	4	6	24	30
$P_5 — P_6$	0,284	4,254	4	4	16	30

Таблица 84

Данные пускового сопротивления типа СЖ-2В
(для промышленного типа электровоза 25 *т*)

Ступени	Сопротивление между ступенями, ом	Сумма сопротивлений, ом	Примечание
$P_1 — P_2$	0,94	0,94	Реостат состоит из чугунных литых элементов, размещенных в 7 ящиках по 26—28 элементов в каждом
$P_2 — P_3$	0,80	1,74	
$P_3 — P_4$	0,68	2,42	
$P_4 — P_5$	0,33	2,75	
$P_5 — P_6$	0,28	3,03	

Примечание. Отклонение сопротивления от расчетной величины по ступеням и в целом пускового сопротивления допускается $\pm 7{,}5 \div 10\%$

На двухосном трамвайном вагоне с контроллерами МТ-1А, при тяговых двигателях ДТИ-60, устанавливаются пусковые сопротивления со следующими ступенями: $P_1 — P_2 = 0{,}56$ ома; $P_2 — P_3 = 1{,}56$ ома; $P_3 — P_4 = 1{,}79$ ома.

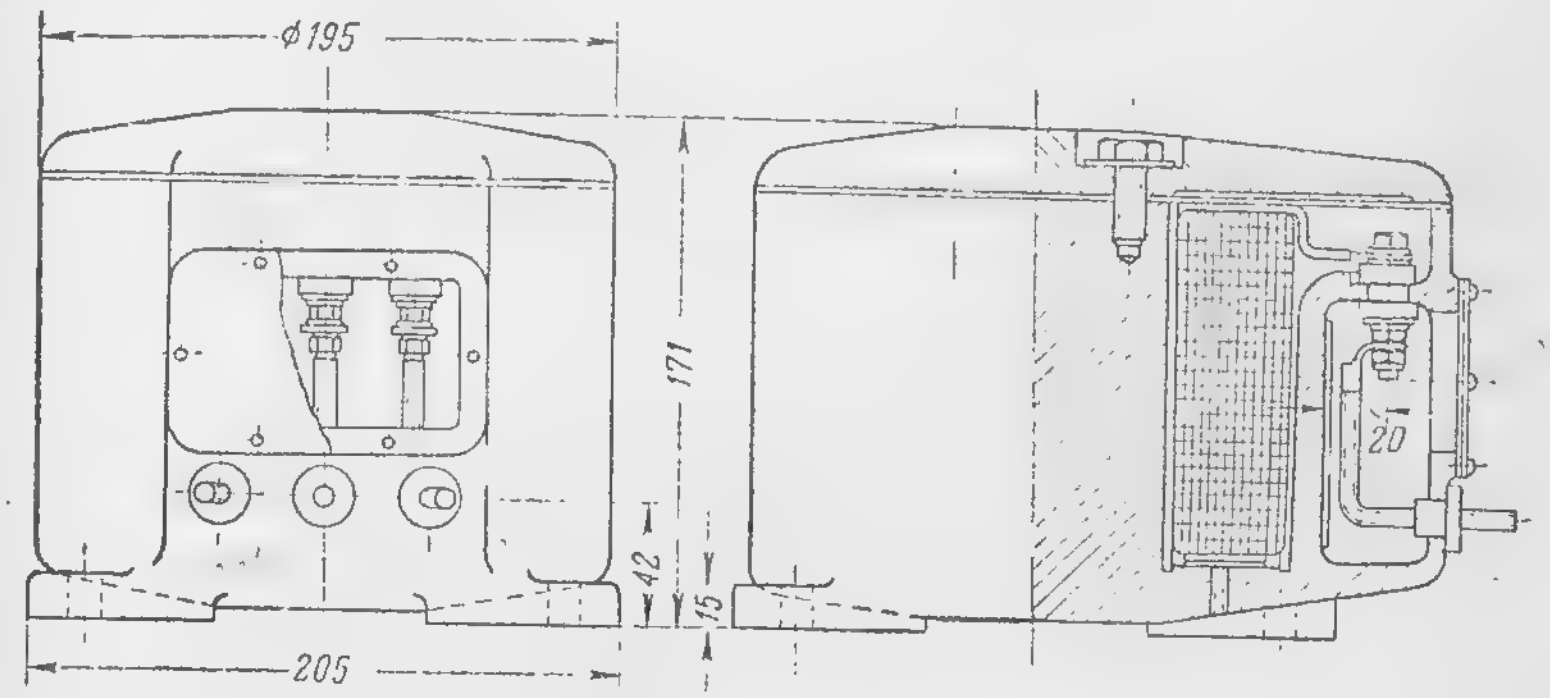
103. ШУНТЫ

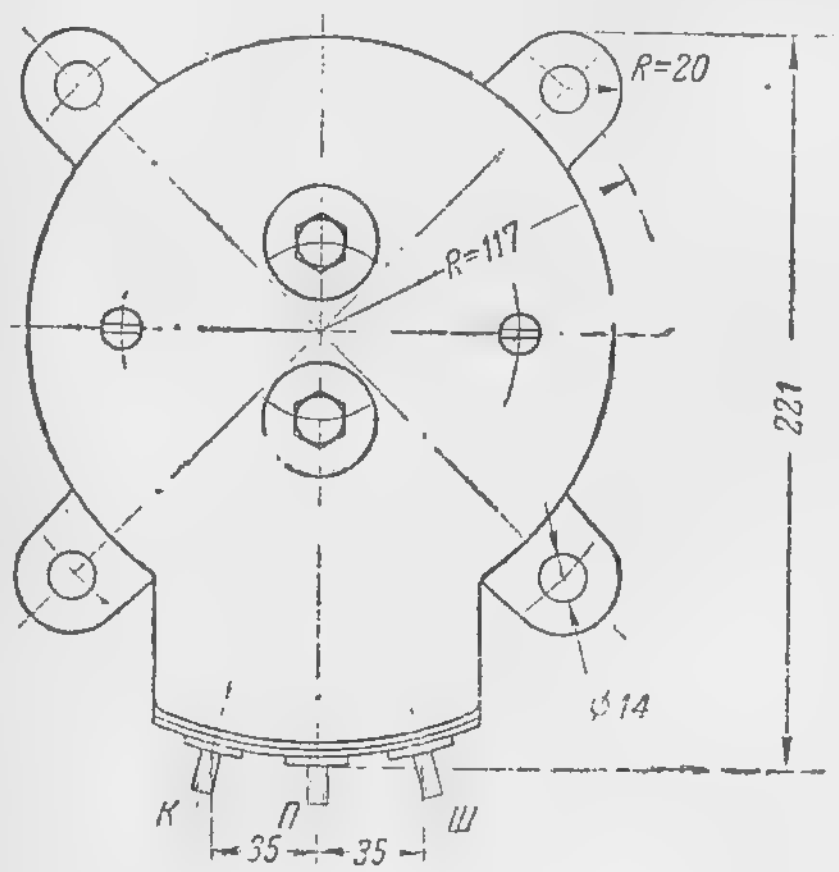
Индуктивный шунт представляет собой катушку самоиндукции с железом.

Оптимальная величина индуктивности шунта должна быть не менее 0,6 от индуктивности обмотки сериесного возбуждения двигателя. Омическое же сопротивление индуктивной части шунта обычно не менее омического сопротивления обмотки возбуждения (шунтировка поля $^1/_2$—50%). Со-

противление омической части равно той же величине. Суммарное сопротивление шунта $R = 2r$, т. е. двум сопротивлениям обмотки возбуждения (шунтировка поля $^1/_3$—33% в шунт).

Трамвайные двигатели ПТ-35, ДМ-1, ДТИ-60 легко допускают шунтировку поля $^1/_3$ в шунт при непосредственном управлении. Шунтировка $^1/_2$ возможна лишь при наличии реле шунтировки (переключатель шунтировки поля), т. е. при управлении шунтировкой поля независимо от воли вагоновожатого.





Фиг. 140. Шунт (*К*, *П* и *Ш* — клеммы для присоединения шунта).

На фиг. 140 изображен шунт типа ДШ-3Б.

В табл. 85 приведены данные индуктивных шунтов типа ДШ-3Б.

104. РАСЧЕТ СТУПЕНЕЙ ПУСКОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ (ПРОЦЕСС ПУСКА)

Двигатель разгоняется с включенным пусковым сопротивлением и развивает при растущей скорости все увеличивающуюся противоэлектродвижущуюся силу. При этом ток двигателя постепенно падает (фиг. 141) $n' = f(I)$.

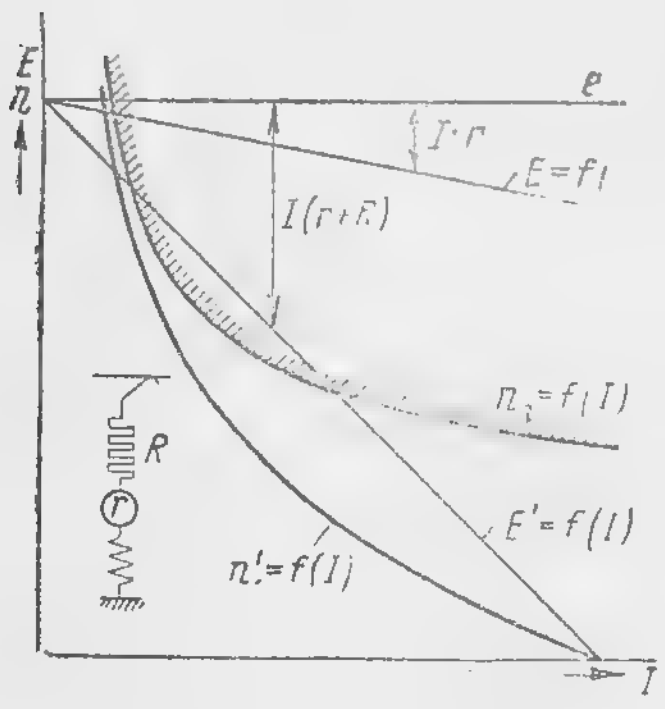
Для трогания с места при постоянной средней величине тока (что в тяге соответствует постоянному пусковому

Таблица 85

Обмоточные данные катушек шунтов типа ДШ-3Б

Тип шунта	Размер меди, мм	Общее число витков	Число витков в слое	Число слоев	Число витков ступени К-П	Общая длина меди, м	Вес меди, кг	Сопротивление катушки при 20° С	Сопротивление катушки К-П при 20° С	Диаметр катушки, мм	Тип двигателя
ДШ-3Б1	2,44 × × 4,4	262	22	12	154	100,6	9,88	0,18	0,093	164	ДМ-1А ДТИ-60
ДШ-3Б2	1,56 × × 5,1	294	19	16	171	115,0	8,15	0,26	0,135	158	ПТ-35

ускорению) нужно по мере увеличения скорости уменьшать пусковое сопротивление, пока не будет достигнута автоматическая характеристика $n = f(I)$.



Фиг. 141. Кривые графического расчета реостата.

При скорости равной нулю приложенное напряжение U целиком уравновешивается падением напряжений в сопротивлениях, так как противоэлектродвижущая сила равна нулю. Для этого случая при начальном пусковом токе I верно условие:

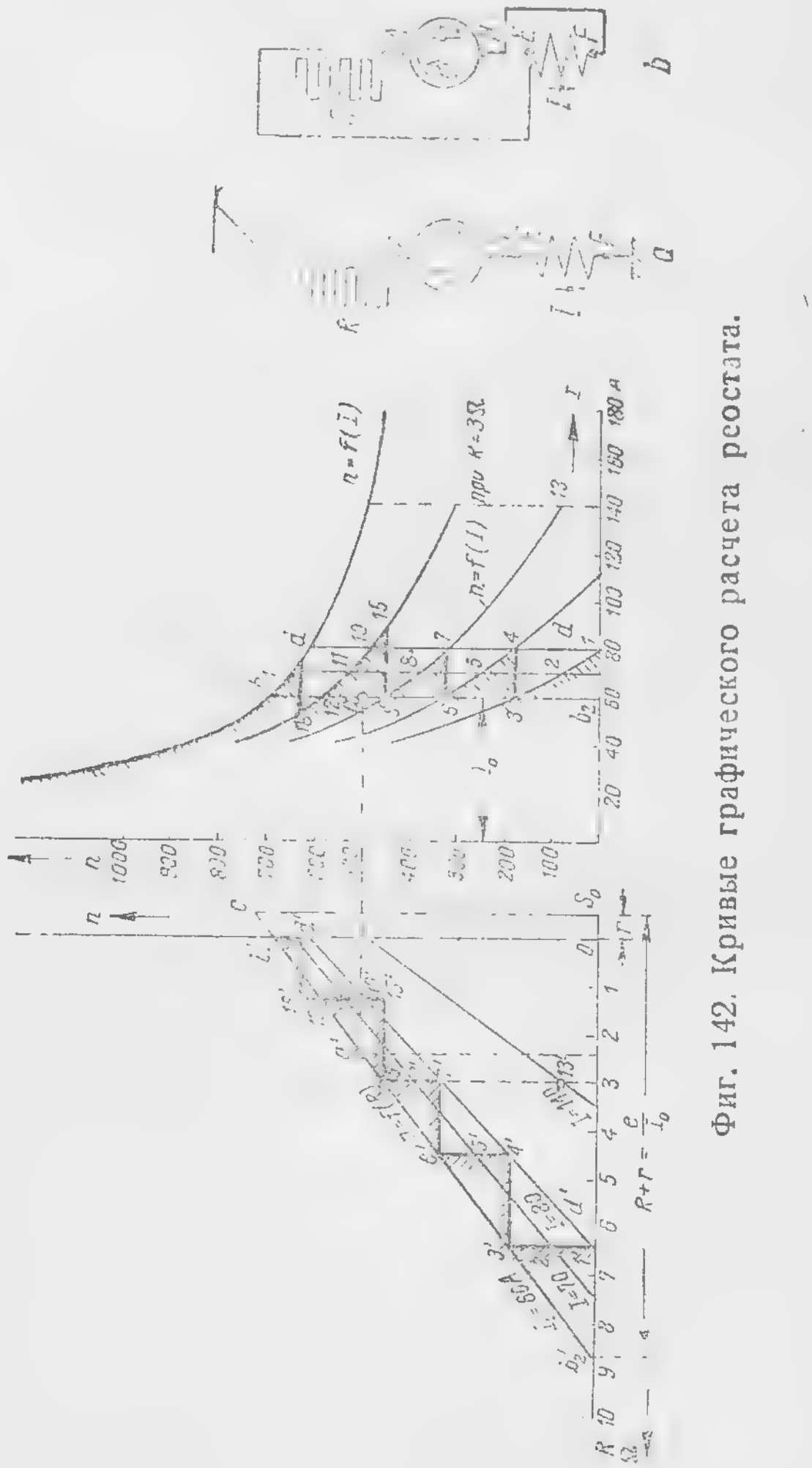
$$R + r = \frac{U}{I_0},$$

где: r — сопротивление двигателя, а R — пусковое сопротивление. Число оборотов постепенно растет. При постоянной средней величине силы тока I_0 можно принять, что э. д. с. пропорциональна числу оборотов (так как поток постоянен) и омическое падение напряжения пропорционально сопротивлению.

При растущей скорости нужно выравнивать растущую э. д. с. пропорциональным уменьшением пускового сопротивления. Прямая линия $n = f(R)$ определится из уравнения:

$$(U\dot{I}_0 r) = (c\phi)\, n + I_0 \dot{R}.$$

В этом уравнении значения в скобках есть величины постоянные. Переменные здесь только n и R; следовательно, это уравнение есть уравнение прямой линии.



Фиг. 142. Кривые графического расчета реостата.

При построении диаграммы пуска за основу берут кривую числа оборотов или скорости в зависимости от тока. В правой части фиг. 142 изображена кривая $n = f(I)$ в координатной системе. Одновременно в левом координатном

углу по оси ординат отложены числа оборотов n, а по абсциссе — пусковое сопротивление R.

В левой координатной части откладывают вправо от начала координат сопротивление двигателя r и получают точку S_0.

Если откладывать общее сопротивление $R + r$ от точки S_0 влево, то пусковое сопротивление R отсчитывается непосредственно от начала координат. Это дает преимущество при расчете. В правом координатном углу изображена относящаяся к току I_0 линия пуска — прямая $b_1 — b_2$.

Как доказано выше, зависимость $n = f(R)$ для постоянной силы тока I_0 есть также прямая. Две характерные точки этих прямых можно установить заранее.

1. Пусковому сопротивлению 0 соответствует относящаяся к току I_0 точка b_1 на кривой числа оборотов (правая координатная система).

В левой координатной системе точка, соответствующая b_1, обозначена b'_1. Так как для нее $R = 0$, то она лежит на оси ординат и имеет равную с b_1 ординату.

2. Скорости $n = 0$ (точка b_2 в правой системе) соответствует пусковое сопротивление R. Оно вычисляется на основании закона Ома $R + r = \frac{U}{I_0}$. Эта точка в левой системе обозначена через b_2.

Линия, соединяющая точки b'_1 и b'_2, является искомой прямой $n = f(R)$. Если пройти весь пусковой период при постоянной силе тока I_0, то изменение пускового сопротивления происходило бы по прямой, а не зигзагами. Практически трудно достигнуть такого непрерывного уменьшения пускового сопротивления (исключая жидкостные или многоступенчатые реостаты) и приходится ограничиваться ступенчатым его уменьшением.

Прямая сопротивлений b'_1 и b'_2 позволяет быстро установить относящуюся к какой-либо точке a прямой тока $b_1 — b_2 (I = \text{const})$ величину пускового сопротивления.

Проектируется точка a по горизонтали на прямую сопротивлений, и получается точка a'; ее асцисса дает непосредственно пусковое сопротивление.

Точно так же, как для тока I_0, можно начертить прямые пусковых сопротивлений и для других значений силы тока. На фиг. 142 начерчены прямые сопротивлений для $I_0 = 60\ a$, $I = 70\ a$, $I_1 = 80\ a$ и $I_2 = 140\ a$.

Эти прямые сопротивлений позволяют построить для любого пускового сопротивления соответствующую кривую

числа оборотов $n = f(I)$. Перпендикуляр, восстановленный в точке 3, Ω, пересекает прямые в точках *9′*, *8′*, *7′*, *13′*. Точке *9′* на прямой сопротивлений 60 *а* соответствует в правой координатной системе на вертикальной прямой $I = 60$ *а* точка *9′*, лежащая на равной ординате. Точкам *8′*, *7′* и *13′* соответствуют в правой системе лежащие на соответствующих прямых токах точки *8*, *7* и *13*. Точки *9*, *8*, *7* и *13* лежат, таким образом, на искомой кривой $n = f(I)$ при $R = 3$ ом. Кривые $n = f(I)$, изображенные в правой части для постоянных пусковых сопротивлений, нужны для практически важного случая пуска двигателя при ограниченном числе ступеней. При таком пуске сила тока непостоянна и колеблется скачкообразно при переключении с одной ступени на другую. Эти скачкообразные колебания тем больше, чем меньше ступеней.

На примере разбирается процесс пуска для колебания тока 60—80 *а*. В левой координатной системе между прямыми сопротивлений $I = 60$ *а* и $I = 80$ *а* вычерчивается ступенчатая линия, углы которой *1′*, *3′*, *4′* и т. д. лежат на прямой сопротивлений.

Соответствующие точки в правой системе обозначены *1*, *3*, *4*, *6* и т. д.

Зигзагообразной линии *1′*, *3′*, *4′* и т. д. соответствует так же зигзагообразная линия пуска *1*, *3*, *4* и т. д. Для более точного изображения целесообразно начертить и промежуточные значения. Их можно получить, используя в данном примере прямую сопротивлений для $I = 70$ *а*. Ее пересечения с зигзагообразной линией переносят в правую координатную систему.

В левом углу фиг. 142 точки *15′* и *16′* взяты вне прямых сопротивлений $I = 60$ *а* и $I_1 = 80$ *а*. Исходя из этого, соответствующие им точки *15* и *16* в правой системе лежат вне прямых силы тока $I = 60$ *а* и $I = 80$ *а*.

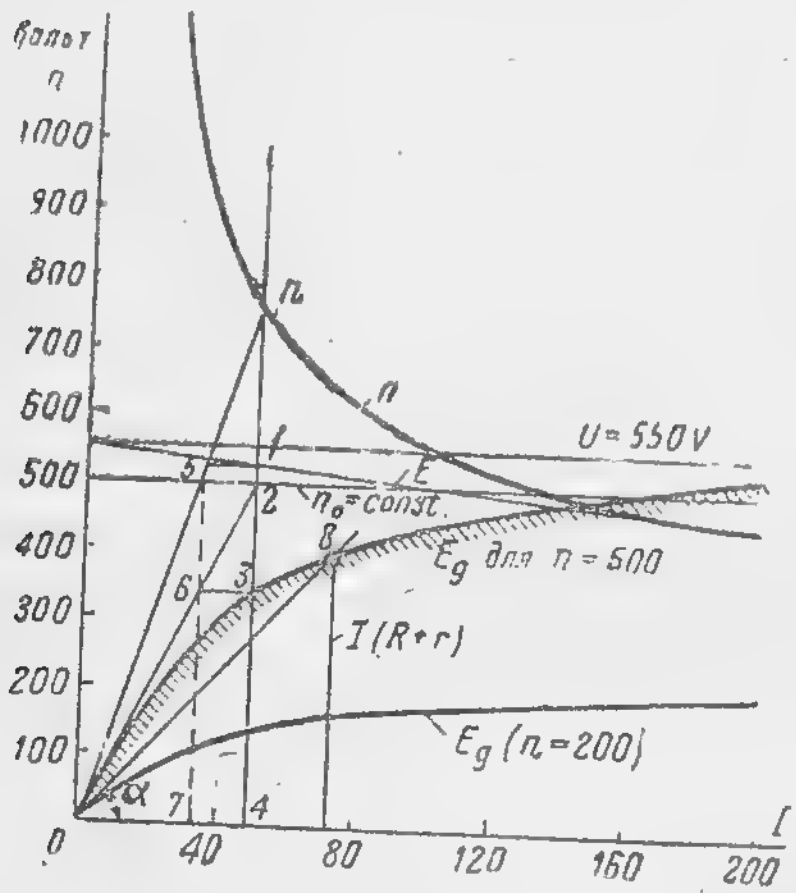
Из рассмотрения ступенчатой линии на фиг. 142 (левая сторона) следует, что для пуска исследуемого двигателя с колебаниями тока в пределах 60—80 *а* требуется пять пусковых ступеней. Необходимые для этого секции пускового сопротивления получаются путем продолжения вертикальных прямых ступенчатой линии до пересечения с осью абсцисс: ступень 1—6,4 ом, ступень 2—4,5 ом, ступень 3—3,0 ом, ступень 4—1,3 ом, ступень 5—0,0 ом.

Описанный метод построения кривых пуска рассмотрен для одного двигателя, однако в принципе он применим и для двухмоторной схемы.

Если, например, два двигателя соединены параллельно с включением пускового сопротивления, то их можно себе представить как один двигатель, имеющий только $^1/_2$ сопротивления двигателя $r : 2$. Если два двигателя включены последовательно, то эквивалентный двигатель имеет двойное сопротивление, т. е. $2r$. За число оборотов в этом случае нужно принимать то значение n, которое двигатель имеет при половинном напряжении.

105. РАСЧЕТ СТУПЕНЕЙ ПРИ РЕОСТАТНОМ ТОРМОЖЕНИИ

На фиг. 143 приведены основные данные для подсчета всех характеристик двигателя, работающего генератором. Здесь необходимо исходить также из характеристики числа оборотов двигателя.



Фиг. 143. Кривые графического расчета реостата.

Кроме того, вычерчивают э. д. с. $E = U - Ir$. Пусть э. д. с. генератора E_g подсчитана для постоянного числа оборотов n_0 и действительно условие, что числа оборотов относятся как соответствующие э. д. с. (так как поток и ток постоянны).

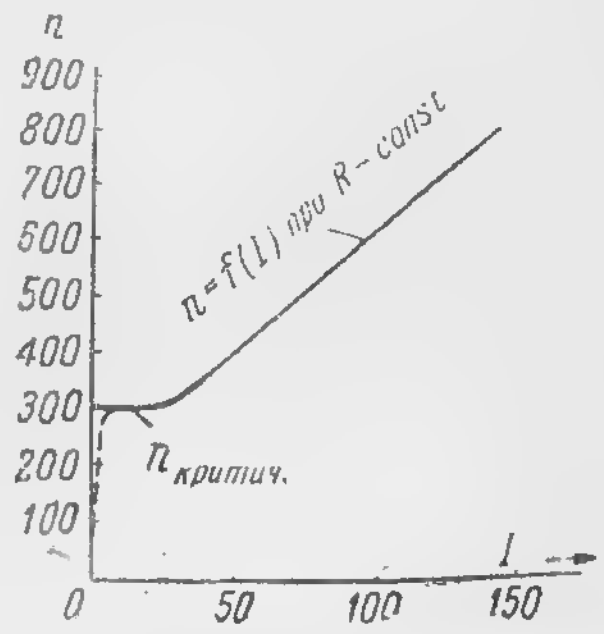
Следовательно, $E = \frac{n_0}{n}$; так как n_0, n и E для каждого значения I заданы, то легко вычислить кривую $E_g = f(I)$. Эта кривая для числа оборотов $n_0 = 500$ изображена на фиг. 143 (заштрихована).

Вместо вычислений можно построить E_g графически. Для определенной силы тока восстанавливают перпендикуляр, пересекающий линию э. д. с. двигателя в точке *1*, кривую числа оборотов в точке *n* и кривую числа оборотов генератора *n* (параллель к абсциссе) в точке *2*. Соединяют точки *n* и *2* с началом координат. Через точку *1* проводят параллельную абсциссе линию, пересекающую линию $n - 0$ в точке *5*. Из точки *5* опускают перпендикуляр *5—7* на ось абсцисс, пересекающий линию *2—0* в точке *6*. Через точку *6* проводят линию, параллельную оси абсцисс, пересекающую

прямую $4-n$ в точке $Э$. Точка 3 есть искомая точка кривой э. д. с. генератора. Доказательство правильности описанного построения вытекает из подобия треугольников.

Если известна кривая э. д. с. E_g для определенного числа оборотов n_0, то кривую для любого другого числа оборотов можно получить пропорциональным пересчетом ординат. На фиг. 143 рассчитана кривая э. д. с. также для числа оборотов $n_0 = 200$. Ординаты для определенной силы тока составляют $^2/_5$ ординат при $n_0 = 500$.

После того как построена кривая э. д. с. E_g для определенного числа оборотов, можно определить сопротивление, необходимое для установления желаемой силы тока. Общее сопротивление в цепи генератора $R + r$ (r — сопротивление двигателя). Посмотрим на линию, соединяющую начало координат с точкой пересечения кривой э. д. с. с вертикалью, проведенной из точки интересующей нас величины тока, как на прямую с наклоном $tg\alpha = R + r$. В точке пересечения будет установившаяся скорость, и R можно вычислить из уравнения $E_g = I(R + r)$. Если при этом увеличивать сопротивление R, то прямая 0—8 в зависимости от величины $I(R + r)$ может стать касательной к кривой э. д. с. Здесь установившийся ток будет неизвестен, потому что прямая совпадает с прямолинейной частью кривой э. д. с. Такое значение сопротивления называют «критическим», так как при дальнейшем увеличении сопротивления прямая $I(R + r)$ больше не дает точек пересечения с кривой э. д. с., т. е. самовозбуждение больше невозможно. Следовательно, для каждого числа оборотов есть определенное критическое сопротивление. В применении к тяге это значит, что общее сопротивление в тормозной цепи должно быть ниже соответствующего критического сопротивления для того числа оборотов, при котором хотят получить реостатное торможение.



Фиг. 144. Кривые графического расчета реостата.

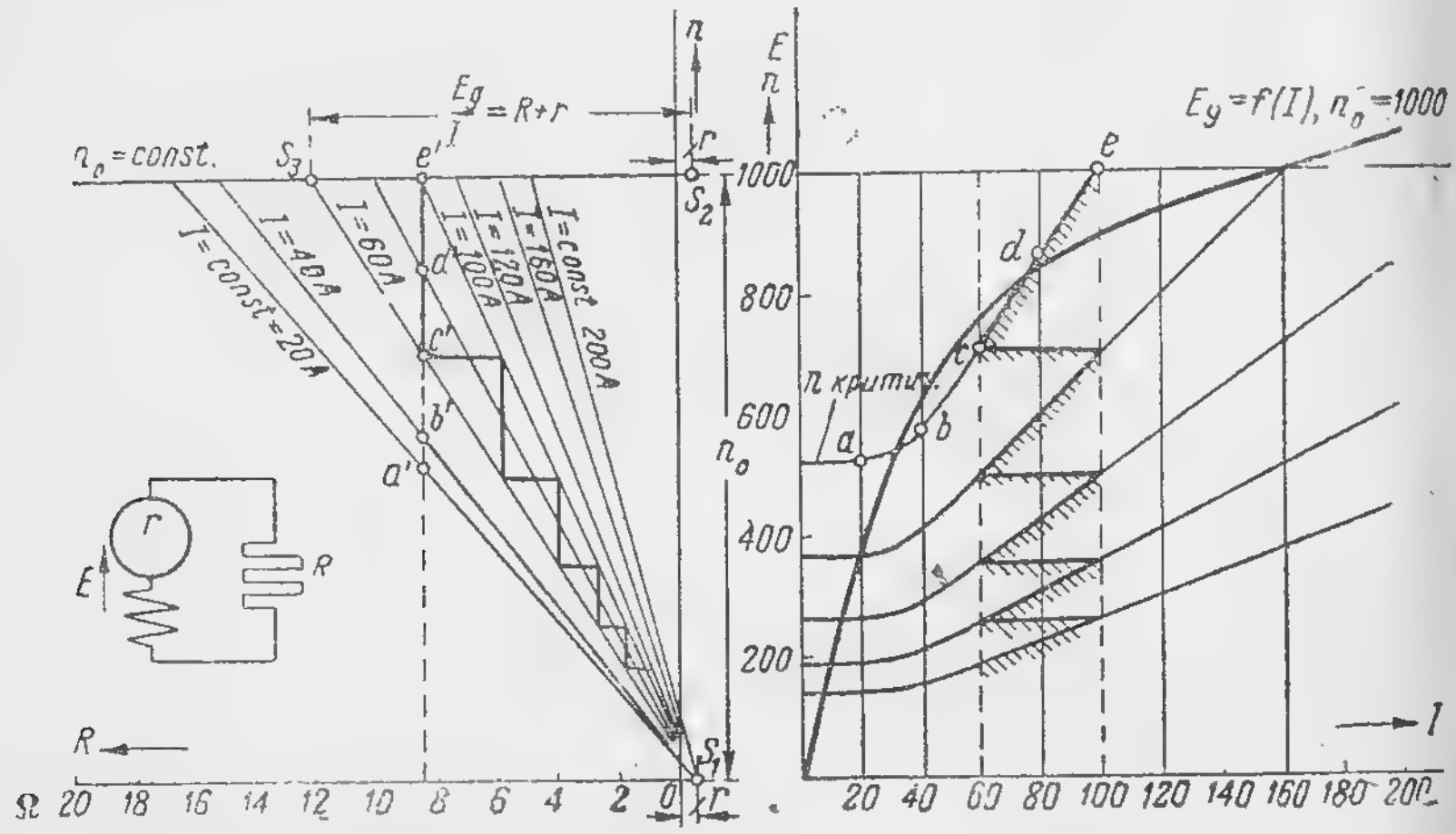
Для расчетов часто бывает нужна кривая $n = f(I)$ при постоянном пусковом сопротивлении. В этом случае можно начертить прямые $I(R + r)$ с наклоном, соответствующим $tg\,\alpha$ и для различных чисел оборотов кривых э. д. с.

Эти кривые э. д. с. дают пересечения с прямыми $I(R+r)$, по которым можно нанести кривую $n=f(I)$ при постоянном пусковом сопротивлении. На фиг. 144 изображена полученная таким образом кривая $n=f(I)$ при $R_{торм}=\text{const}$.

Кривая числа оборотов на фиг. 144 показывает, что при малом токе число оборотов остается постоянным. Это значит, что здесь прямая $I(R+r)$ касательна к кривой э. д. с. для данного числа оборотов. В действительности кривая числа оборотов из-за остаточного магнетизма несколько отклонится и пойдет к нулю, как показано пунктиром.

106. ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАСЧЕТА ТОРМОЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ

Двигатель, механически связанный с ведущими осями, тормозится на пусковое сопротивление. Поглощаемый гене-



Фиг. 145. Кривые графического расчета реостата.

ратором вращающий момент (тормозное действие), как и в двигателе, зависит от тока. Поэтому можно, меняя сопротивление, получить любое тормозное усилие. Обычно стараются тормозить при постоянной величине момента, что соответствует постоянному замедлению. При этом, вследствие постоянства силы тока, получающаяся э. д. с. будет пропорциональна числу оборотов.

На фиг. 145 показан способ определения величины тормозных сопротивлений. За исходную линию взята э. д. с.

$E_g = f(I)$ для постоянного числа оборотов $n_0 = 1000$ (практически выбирают наибольшее число оборотов, соответствующее максимальной скорости начала торможения).

На растоянии n_0 проводят линию, параллельную оси абсцисс (ток). Здесь нанесена левая координатная система, где ординаты представляют собой также число оборотов, а абсциссы — тормозные сопротивления R.

На фиг. 145 берут определенные значения силы тока (например, 60 a) и соответствующие им э. д. с. E_g и вычисляют величину:

$$\frac{E_g}{I} = R + r.$$

Эти значения R представляют собой общие сопротивления; их нужно включить при данном токе и числе оборотов, чтобы получить установившуюся скорость. Если число оборотов начинает падать, то начнет падать и E_g. Для того, чтобы сохранить величину силы тока, нужно пропорционально уменьшать общее сопротивление. Линия $n = f(R)$ является прямой при постоянной силе тока. В левой координатной системе сопротивление двигателя r следует откладывать вправо от нулевой точки и ординаты n_0 (точка S_2).

Для

$$n_0 \ldots\ldots R + r = \frac{E_g}{I}.$$

Если это значение отложить от точки S_2 влево (точка S_3), то абсцисса дает непосредственное значение тормозного сопротивления.

Соединяя точку S_3 с S_1, которую получаем, откладывая r от начала координат вправо, мы видим, что линия, соединяющая S_1 с S_3, представляет собой зависимость тормозного сопротивления от числа оборотов при постоянной силе тока I.

Прямая должна быть проведена именно через S_1, потому что при числе оборотов, равном нулю, э. д. с. равна нулю, и общее сопротивление $R + r$ должно быть также равно нулю (вследствие постоянной силы тока), — условие, которому удовлетворяет точка S_1. При этом тормозное сопротивление должно быть отрицательным и равным r. Так же, как и для тока $I = 60$ а, можно для любых других значений тока построить прямые сопротивлений, которые все проходят через точку S_1. Если для какого-нибудь значения тормозного сопротивления, например, 8,5 ом, имеется кривая зависимости

числа оборотов от тока, то, восстановив для этого значения перпендикуляр в левом координатном углу, получим пересечения с прямыми сопротивлений в точках a', b', c', d', e'. Перенесем теперь точки пересечения с учетом значения тока, для которых они действительны, в правый угол с равными ординатами. Получим точки a, b, c, d, e. Они лежат на искомой кривой оборотов для принятого тормозного сопротивления 8,5 ом. Если практически нужно затормозить двигатель, то обычно применяют ступенчатое уменьшение тормозного сопротивления; при этом, как и при пуске, образуются колебания тока. При заданном числе ступеней стараются получить возможно меньшие колебания тока. На фиг. 145 дан пример, в котором принято, что колебания тока ограничены пределами 60—100 a. Соответствующие ступени сопротивления получаются вписыванием зигзагообразной линии между прямыми 60 a и 100 a в левом углу координат. Абсциссы, соответствующие вертикальным линиям зигзагообразной диаграммы, представляют собой тормозные сопротивления по отдельным ступеням. Относящаяся к ним тормозная кривая изображена зигзагообразной линией в правой части. Если имеются два двигателя, включенные параллельно и работающие на общее сопротивление, то их можно представить себе как один эквивалентный двигатель с половинным сопротивлением, равным $r : 2$.

107. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Автоматические выключатели изготовлялись двух типов: ДДК-500 и ДДК-300; в последние годы они заменены серией АВ-1.

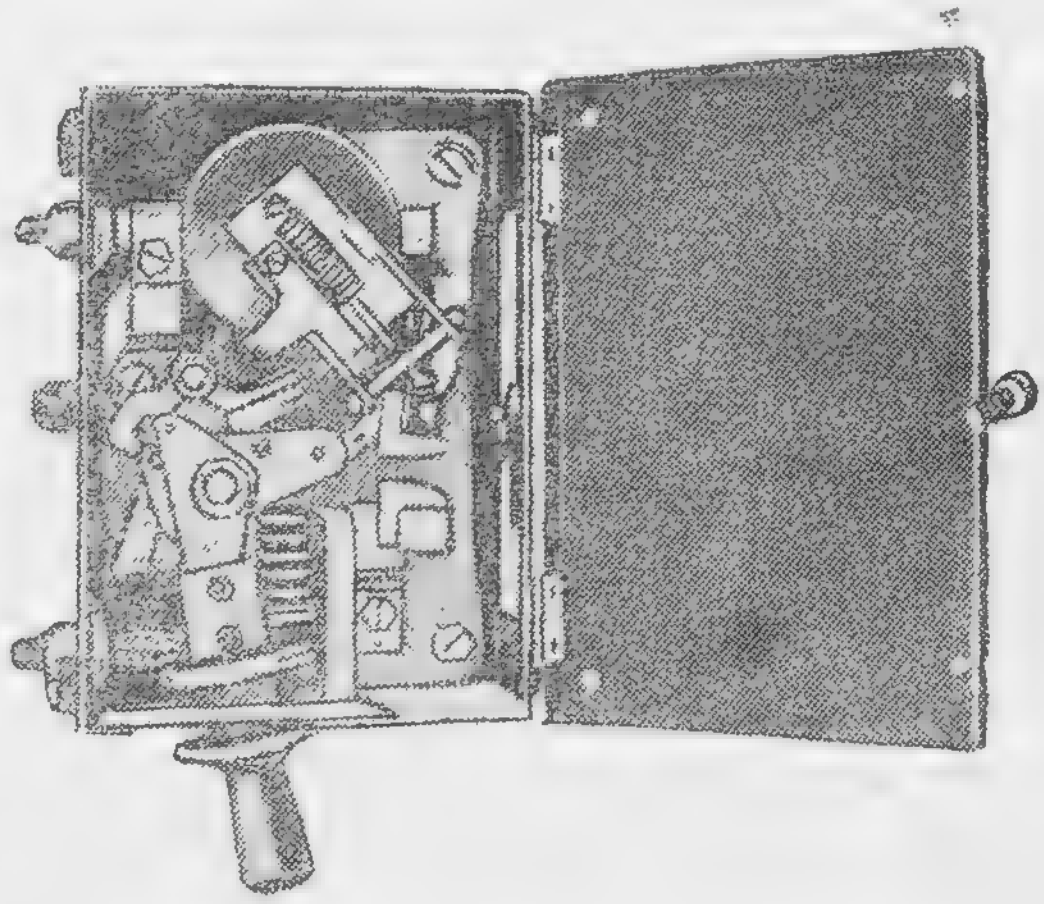
Таблица 86

Данные автоматических и ручных выключателей

Тип	Напряжение, *в*		Сила тока, *а*		Пределы регулировки	Вес, кг
	рабочее	максимальное	длительная	максимальная		
ДДК-500 а	550	600	200	500	300—500	22
ВТ-500 а					—	21
ДДК-300 а			120	300	150—300	17
ВТ-300 а					—	16

Автоматы ДДК-500 отличались от ДДК-300 бо́льшими размерами.

Ручные выключатели типов ВТ-500 и ВТ-300 соответствуют автоматам ДДК-500 и ДДК-300, но не имеют деталей для автоматического выключения. (Катушка работает при этом только как искрогаситель). В табл. 86 приведены



Фиг. 146. Автоматический выключатель АВ — 1Б — 1 АВ — 1А — 1.

данные автоматических и ручных выключателей типа ДДК и ВТ.

Автоматические выключатели типов АВ—1А—1 и АВ—1Б—1 (фиг. 146), АВ-1А-2 и АВ-1Б-2 соответственно заменяют прежние типы выключателей ДДК-500 и ДДК-300.

Автоматические выключатели имеют ручной привод для включения и выключения. Поэтому, кроме функций защиты от перегрузки, они могут действовать и как ручные выключатели в главной цепи с искрогашением.

По сравнению с серией ДДК выключатели серии АВ являются более мощными и быстродействующими. Они имеют более рациональную конструкцию контакторного и выключающего механизма, а также искрогасительного устройства.

В табл. 87 приведены данные автоматических выключателей типа АВ, изготовляемых заводом «Динамо» им. С. М. Кирова.

Таблица 87

Данные автоматических выключателей типа «АВ»

Тип	Давление на контактах, кг		Разрыв, мм	Притирание, мм	Сила тока, *а*		Максимальное напряжение, *в*	Калибровка, *а*	Вес, кг
	начальное	конечное			длительная	часовая			
АВ-1А-1					240	340		350—700—1 000	
АВ-1Б-1					240	340		350—700—1 000	
АВ-1А-2					140	200		200—400— 600	10
АВ-1Б-2					140	200		200—400— 600	
АВ-1А-3	3—5,5	9—14	13—16	8—10	100	140	750	150—300— 450	
АВ-1Б-3					100	140		150—300— 450	

После ремонта автомата надо проверить состояние изоляции между токонесущими частями и кожухом переменным током в 3500 в и 50 периодов в течение одной минуты. Кроме того, необходимо проверить, не нарушена ли калибровка автомата.

Проверку калибровки желательно производить от источника постоянного тока низкого напряжения (сварочного агрегата, генератора для гальванопластики и т. д.). В крайнем случае, при необходимых мерах предосторожности, можно производить калибровку от контактной сети постоянного тока через реостат.

Установка автомата на ток выключения должна производиться в соответствии с условиями эксплоатации той линии, на которой работает вагон. Чем ниже установка автомата, тем эффективнее его защитное действие. Для средних условий можно принять ток выключения автомата равным 180—200% суммы часовых сил тока двигателей при параллельном соединении.

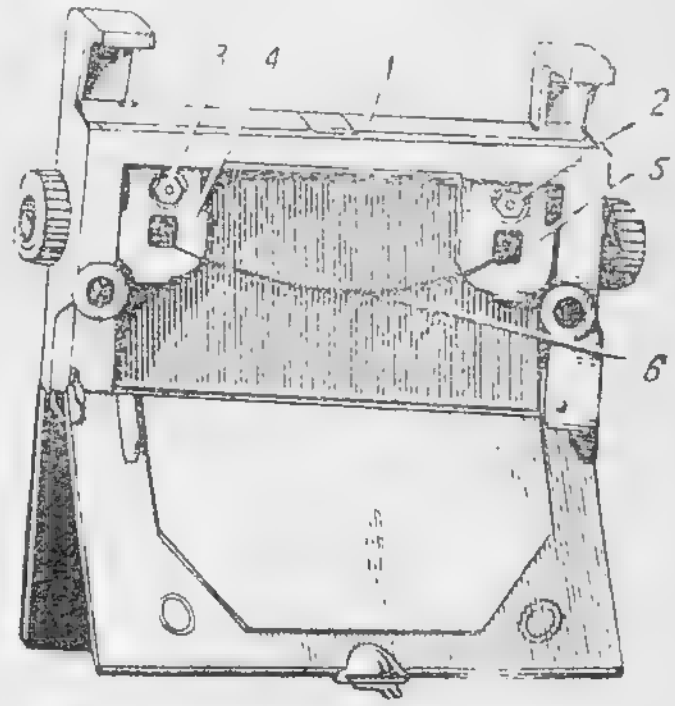
При установке автомата, например, на 150% от часового тока моторы при параллельном соединении могут выдержать не больше полуторакратной перегрузки. Однако при последовательном соединении и такой же установке автомата возможна трехкратная перегрузка двигателя.

При частых выключениях автомата на вагонах обычно прибегают к увеличению тока установки автомата. Однако

на такое увеличение следует итти очень осторожно. Рекомендуется предварительно обследовать оборудование вагона и условия эксплоатации на линии. На некоторых подъемах для обеспечения защиты двигателей автоматом следует прибегать к последовательному соединению моторов.

108. СИЛОВОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ

В коробке силового предохранителя (фиг. 147), подвешенной под кузовом сбоку вагона, плавкая вставка *6* помещается в несгораемой изоляционной камере, в которой на винтах *2* и *3* смонтированы две клеммы *4* и *5* с клинообразным зажимом. Винтовой привод зажима выведен наружу с обеих сторон коробки и оканчивается изолированным маховичком. Одним из наиболее распространенных типов является МА-13 (см. фиг. 147).



Фиг. 147. Силовой предохранитель.

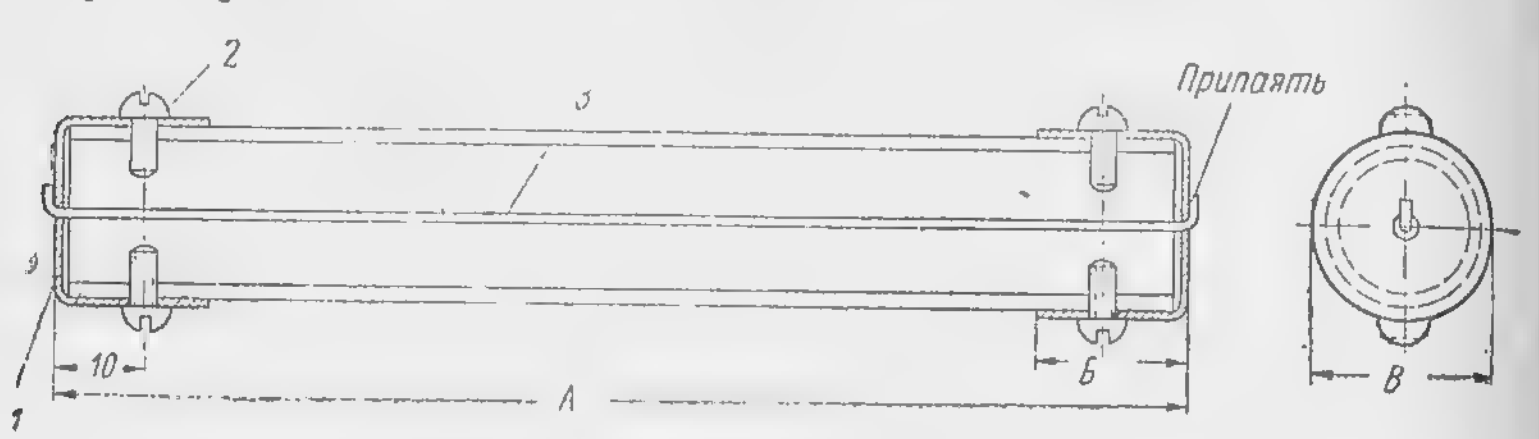
Плавкая вставка изготовляется из тонкой медной ленты (фольги) размером $0{,}2 \times 25 \times 180$ мм с плавким мостиком посредине. Размерами мостика определяется сила тока, плавящая предохранитель в течение 15—30 сек. (обычно эта сила равна сумме двойных часовых токов двигателей).

В настоящее время защита электродвигателей с помощью силовых предохранителей не применяется, так как они не обеспечивают от нарушения коммутации при перегрузках. Для беззаварийной работы современного электрического оборудования вполне достаточна ступенчатая двойная защита с помощью максимальных реле (линейный контактор МК-758 и автомат АВ-1).

109. ТРУБЧАТЫЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Трубчатые предохранители (фиг. 148) применяются для защиты цепей: шунтовой, управления, мотора компрессора и прочих вспомогательных. Предохранитель представляет собой плавкую вставку *3* из медной проволоки, помещенную в фибровую трубку и засыпанную сухой мраморной крошкой.

Трубка плотно закрыта при помощи винтов *2* колпачками *1*, служащими клеммами предохранителя. К колпачку *1* припаяна плавкая вставка *Э*.



Фиг. 148. Трубчатый предохранитель.

В табл. 88 приведены габариты трубчатых предохранителей.

Таблица 88

Габариты трубчатых предохранителей

Предохранитель	Размеры, мм			Цепи 600 в вспомогательных нужд шунтового возбуждения
	А	*Б*	*В*	
1	128	18	21	
2	140	18	28	

Внутри трубки колпачки защищены от действия вольтовой дуги асбестоцементными шайбами. При неплотностях в трубчатом предохранителе дуга может выйти наружу, поэтому колпачки должны быть надеты и запаяны очень тщательно.

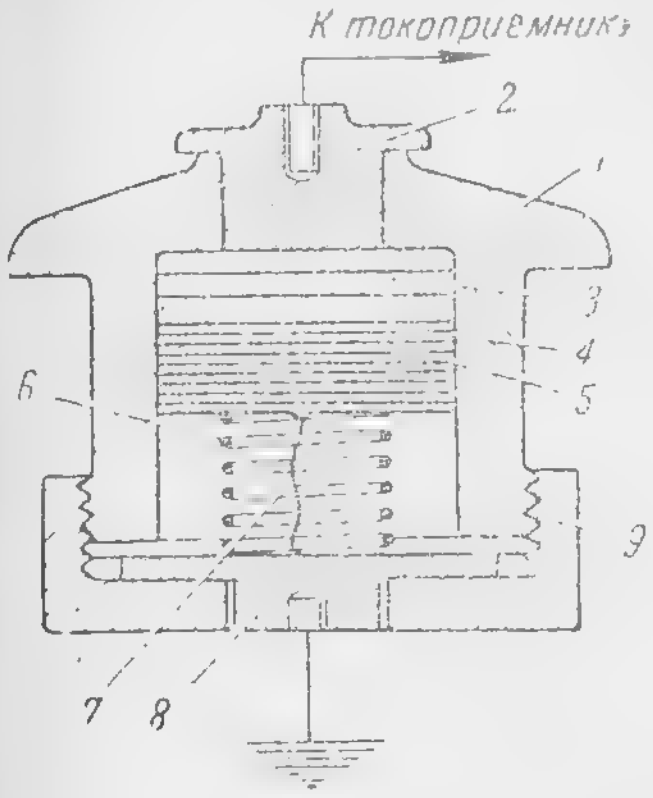
110. РАЗРЯДНИКИ И РАДИОРЕАКТОРЫ

Роговой разрядник (громоотвод) служит для защиты электрического оборудования от перенапряжений, могущих возникнуть в контактном проводе вследствие атмосферных (грозовых) разрядов.

В настоящее время применяется роговой разрядник без индукционной спирали. Спираль, употреблявшаяся на разрядниках типа Сименса, упразднена ввиду незначительного индуктивного сопротивления токам высокой частоты атмосферных разрядов.

За границей большое распространение получили закрытые громоотводы с многократным искровым промежутком,

называемые разрядниками катодного падения потенциала или тиритовыми разрядниками (фиг. 149).



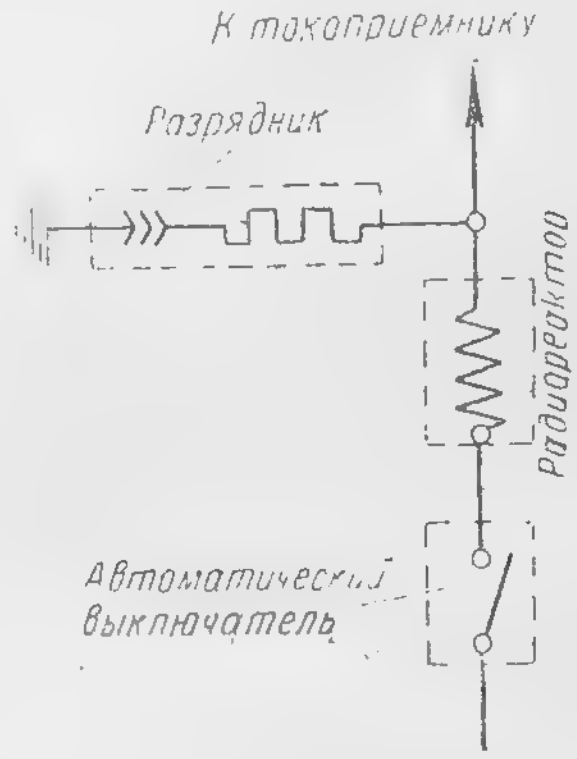
Фиг. 149. Тиритовый разрядник

1—фарфоровый корпус; *2*—металлический колпак; *3*—тиритовые диски; *4*—латунные диски; *5*—слюдяные шайбы с концентрическим отверстием; *6*—пружина; *7*—гибкий проводник; *8*—заземляющий фланец; *9*—нижняя крышка.

Работа тиритового разрядника основана на уравнении:

$$IR = \text{const.}$$

Тиритовые диски при повышении напряжения меняют сопротивление обратно пропорционально напряжению. Разряд происходит через искровые промежутки, создаваемые слюдяными шайбами.



Фиг. 150. Радиореактор.

Радиореакторы служат для защиты радиоприема от помех, создаваемых трамвайными вагонами.

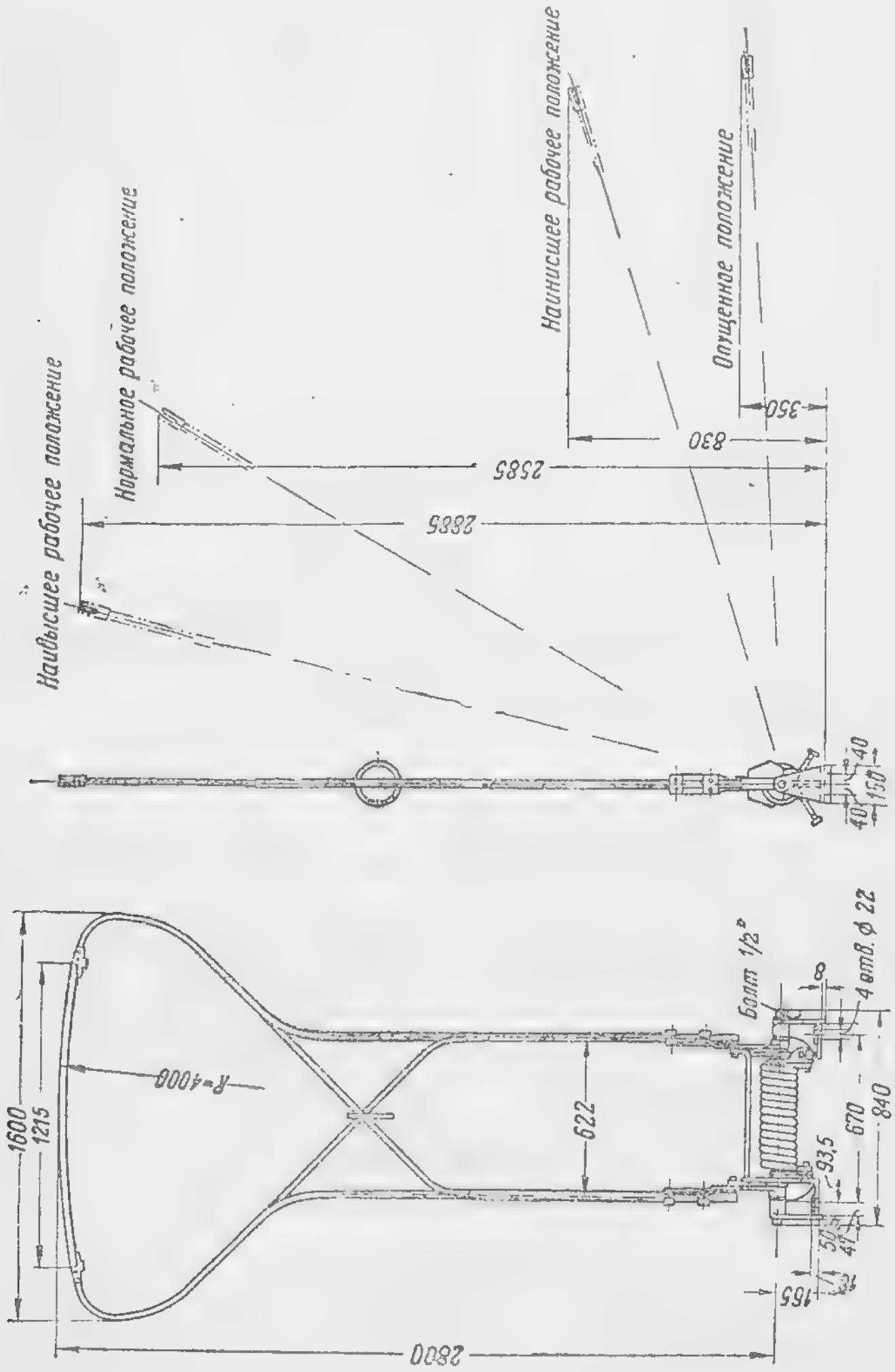
При размыкании электрических цепей вагона возникают колебательные контуры, которые оказывают влияние на радиоприемники.

Радиореактор (фиг. 150) состоит из однослойной спиральной катушки, включенной в силовую цепь, и устанавливается на крыше вагона вблизи токоприемника.

111. ТОКОПРИЕМНИКИ

Дуговой токоприемник (типа М-1) имеет основание с сильной цилиндрической пружиной, обеспечивающей нормальную работу токоприемника с отклонением в обоих направлениях в пределах высот, указанных на габаритном чертеже (фиг. 151). Пружина регулируется двумя упор-

ными болтами. Нормальный рабочий наклон токоприемника — 60° к горизонтали; при этом наклоне токоприемник оказывает давление на провод 4—5 кг. Путем регу-



Фиг. 151. Дуговой токоприемник.

лирования натяжения пружины давление может быть повышено до 6—7 кг. Токоприемник предназначен для работы с алюминиевой вставкой.

Чтобы предохранить шарниры от разъедания при прохождении по ним электрического тока, поворотная часть основания электрически соединена с неподвижными деталями основания гибким медным шунтом. Кабель, идущий к токоприемнику, присоединяется к торцу главного вала.

Токоприемник должен быть изолирован от металлических частей вагона.

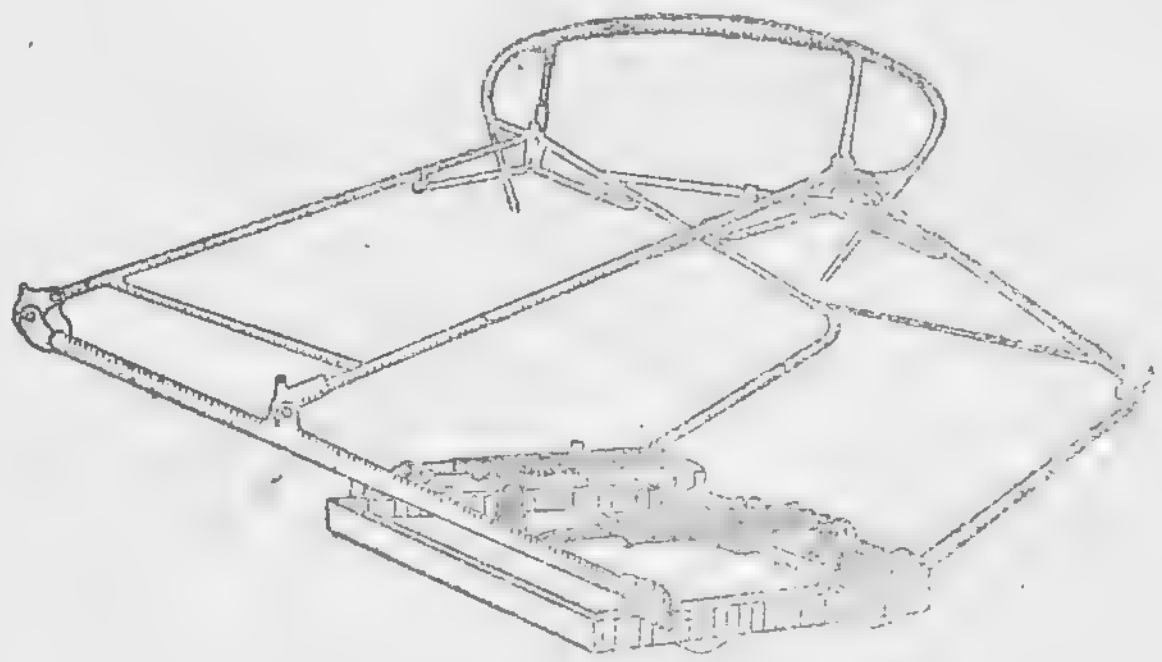
В табл. 89 приведены технические данные дуговых токоприемников.

Таблица 89

Данные дуговых токоприемников

Тип	Рабочее напряжение, в	Нагрузка А		Давление на провод, кг	Максимальная скорость, км/час	Вес кг			
		длительная	часовая			основания	рамы	комплекта	алюминиевой вставки
М-1	600	300	400	4—7	50	62	16	78	2,8—3,5

Роликовые токоприемники имеют много эксплоатационных недостатков и применение их в настоящее время крайне ограничено.



Фиг. 152. Пантограф.

Пантограф (фиг. 152) имеет следующие преимущества перед дуговым и роликовым токоприемниками:

а) безискровое снимание тока при скоростях свыше 35 км/час;

б) постоянное давление на провод контактной части, не зависящее от высоты подвески контактного провода;

в) отсутствие необходимости перестановки при перемене направления движения вагона.

Подвижная часть пантографа состоит из полоза, двух верхних трубчатых рам и четырех нижних трубчатых штанг, соединенных шарнирно. Верхние и нижние подвижные рамы выполнены из цельнотянутых стальных труб. Основание пантографа представляет собой раму, состоящую из угольников. Основание изолируют от крыши деревянными подкладками или устанавливают на специальных изоляторах. Подвижная часть пантографа поднимается натяжением двух пружин, заставляющих полоз следовать изменениям высоты контактного провода. Полоз пантографа сделан из оцинкованного листового железа. К полозу привертываются винтами медные или алюминиевые накладки, служащие для непосредственного контакта с контактным проводом. Полоз крепится к двум верхним трубчатым рамам на двух шарнирах.

Для избежания перекоса пантографа оба его вала связаны с обоих концов уравновешивающими тягами.

В обход шарнирных соединений трубчатых рам для электрического соединения элементов пантографа установлены гибкие шунты. Натяжение пружин пантографа производится вращением самих пружин с предварительным отпуском контргаек.

Технические данные пантографа

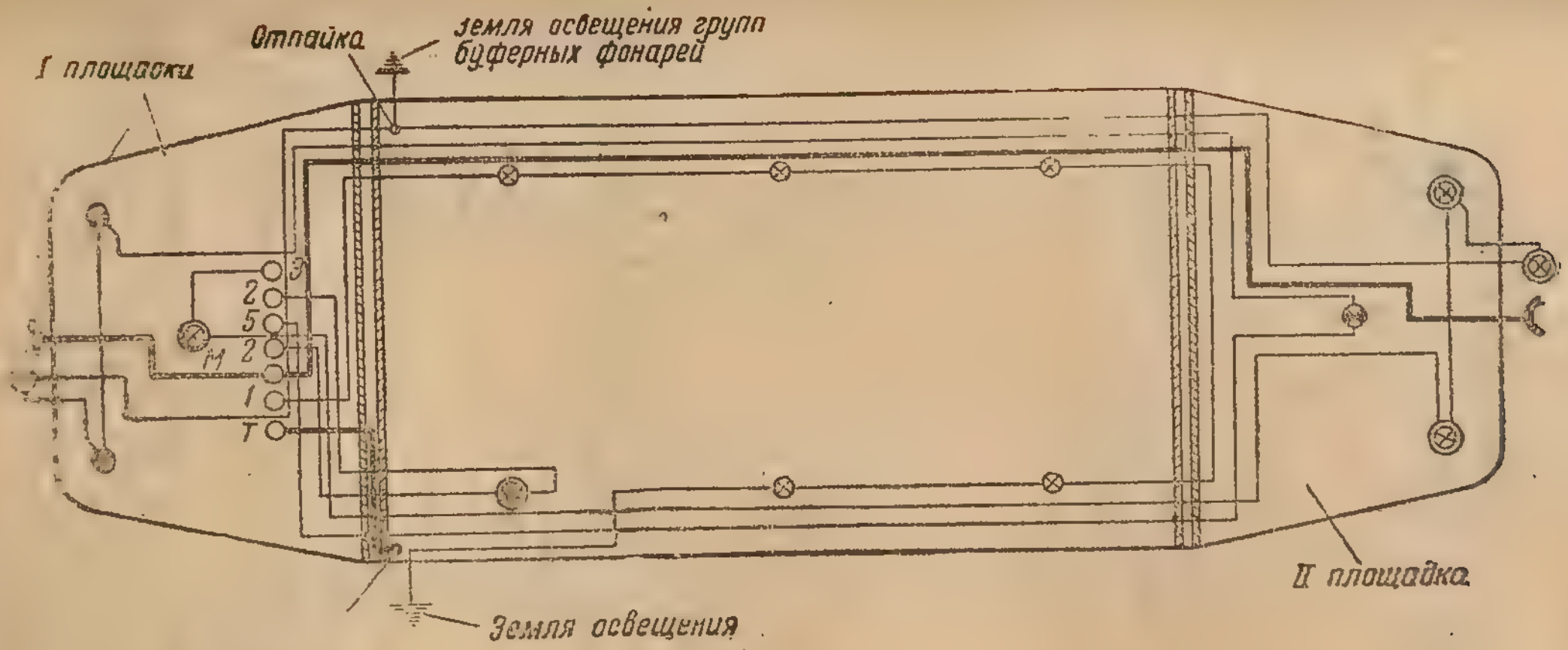
Рабочее напряжение	600 в
Длительный ток	400 а
Давление на контактный провод	4—6 кг
Максимальная рабочая высота	2130 м
Минимальная высота	60 мм
Установка на рабочее давление на провод	5 кг
Вес	120 кг

112. ОСВЕЩЕНИЕ И ОТОПЛЕНИЕ ВАГОНОВ

Освещение в трамвайном вагоне оборудуется группами по пять ламп, соединенных последовательно в каждой группе.

Лампы в группах распределяются на: 1) внутреннее освещение, 2) освещение площадок, 3) сигнальные фонари и 4) буферные фонари.

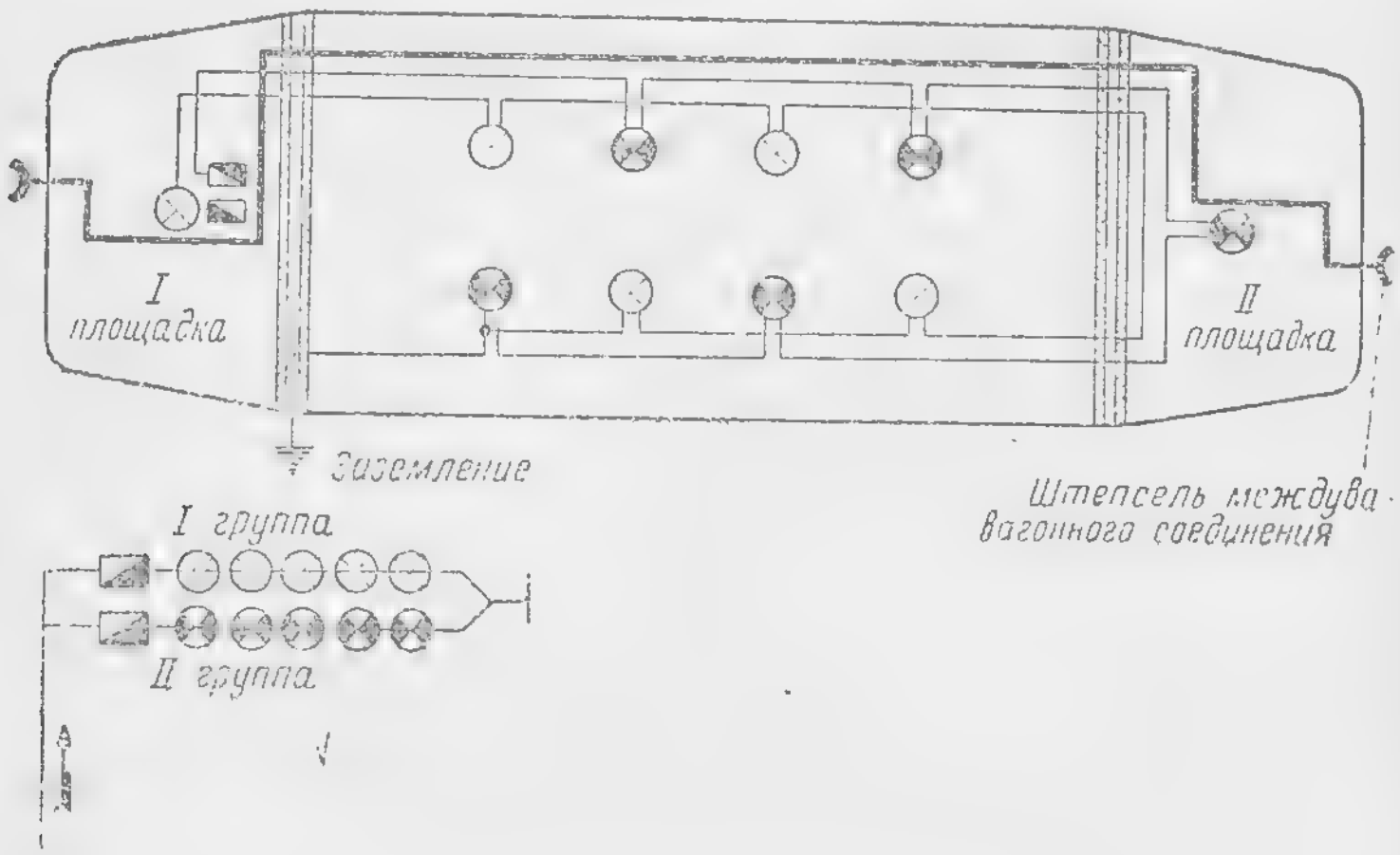
Для освещения вагонов употребляются экономические лампы в 25—40—60 вт при напряжении 120 в. Световой поток 60-ваттной лампы составляет 300—330 лм; таким образом, светоотдача таких ламп соответствует 5—5,5 лм



Фиг. 153. Схема электрического освещения двухосного моторного вагона при 14 лампах.

на 1 вт. Освещенность внутри вагона составляет 30—50 лк на уровне 1 м от пола.

Для освещения магистрали применяются провода марки ПРГИ сечением 2,5 мм²; для освещения всех остальных объектов — провода марки ПРГН или ПРН сечением 1,5 мм².



Фиг. 154. Схема электрического освещения прицепного вагона при 10 лампах.

Междувагонное электрическое соединение для освещения выполняется из гибкого провода марки ПРГН сечением 5—6 мм² с медными наконечниками (штепселями), вставляемыми в световые буксы.

Силовые кабели в трамвайных вагонах прокладываются из провода марки ЭПСО — 1000 на рабочее напряжение 1000 в. Основные магистральные провода имеют сечение 35 мм², провода к тяговым двигателям — 25 мм², к шунтам и разряднику — 16 мм².

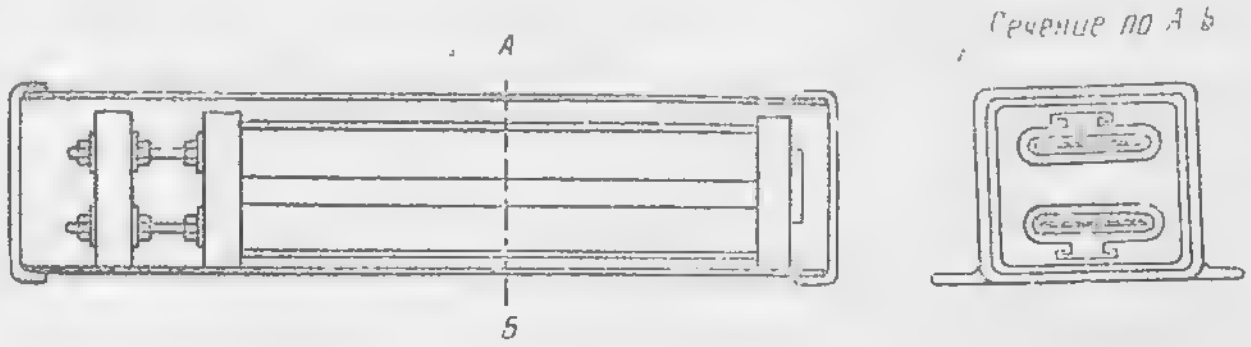
На фиг. 153 приведена схема освещения моторного вагона, а на фиг. 154 — схема освещения прицепного вагона.

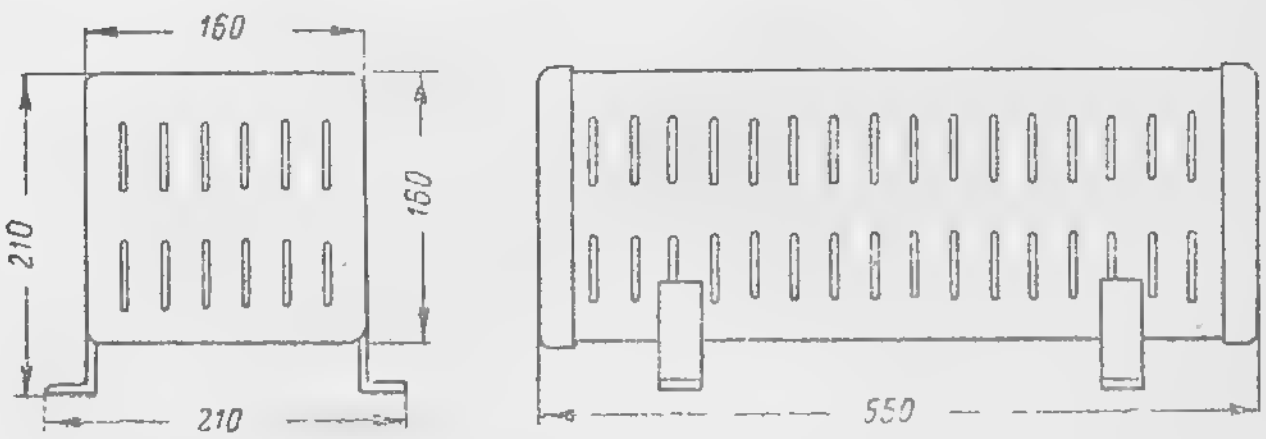
На чикагских трамвайных вагонах применяется схема, составленная из низковольтных ламп (30 в), включенных последовательно по 21 в группе. Каждая лампа шунтируется небольшим окисленным контактом. Слой окиси на контактах рассчитан так, что пока лампа цела и на-

пряжение на ней недостаточно, окись служит изоляцией.

При перегорании лампы на ее контактах образуется полное напряжение, которое, пробивая окись, закорачивает лампу.

Отопление трамвайных вагонов осуществляется специальными электрическими печами (фиг. 155) мощностью





Фиг. 155. Электрическая печь.

0,8—1,0 квт, напряжением 120 и 300 в, включаемыми в группы.

Электрические печи устанавливаются под сиденьями и закрываются специальными щитами из перфорированного железа для защиты от прикосновения пассажиров.

Мощность, необходимая для отопления, принимается 150—250 вт/м³ внутреннего объема вагона.

На германских электрических железных дорогах для отопления 1 м³ внутреннего объема вагона принимается 6 вт на 1° С разницы внутривагонной и наружной температур.

При расчете отопления в вагонах деревянной конструкции мощность для отопления можно принимать от 100 до 175 вт/м³ внутреннего объема вагона.

113. ВАГОННАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

Основные требования, предъявляемые к внутривагонной и междувагонной сигнализации:

а) простота устройства и легкость обслуживания;

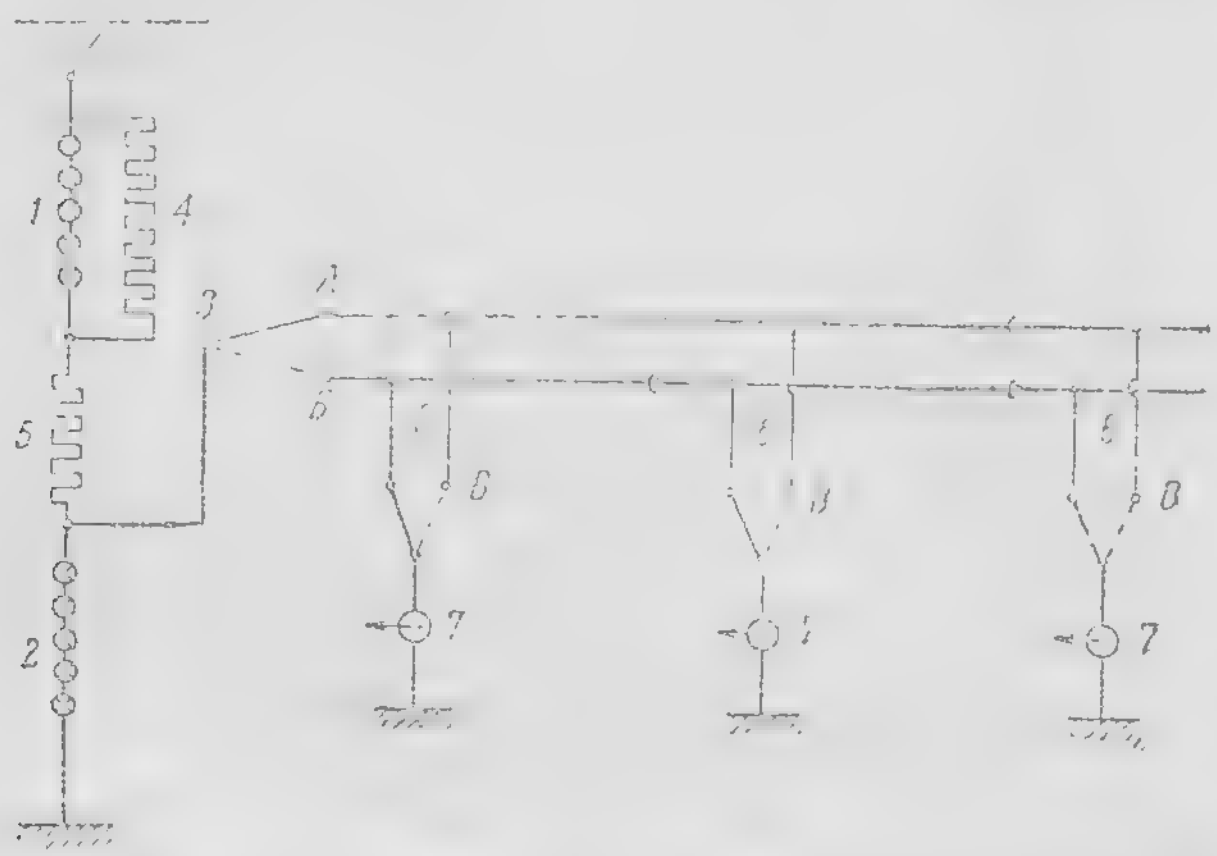
б) быстрота подачи сигнала;

в) непосредственное восприятие вагоновожатым экстренного сигнала, подаваемого из любого вагона;

г) контроль сигнала, поданного кондуктором.

Этим требованиям удовлетворяет только электрическая сигнализация, которая применяется на всех современных вагонах.

Согласно приведенной на фиг. 156 в качестве примера схеме сигнализации у вагоновожатого на площадке находятся две группы ламп *1* и *2*, переключатель *3* и сопротивления *4* и *5*.



Фиг. 156. Схема электрической сигнализации.

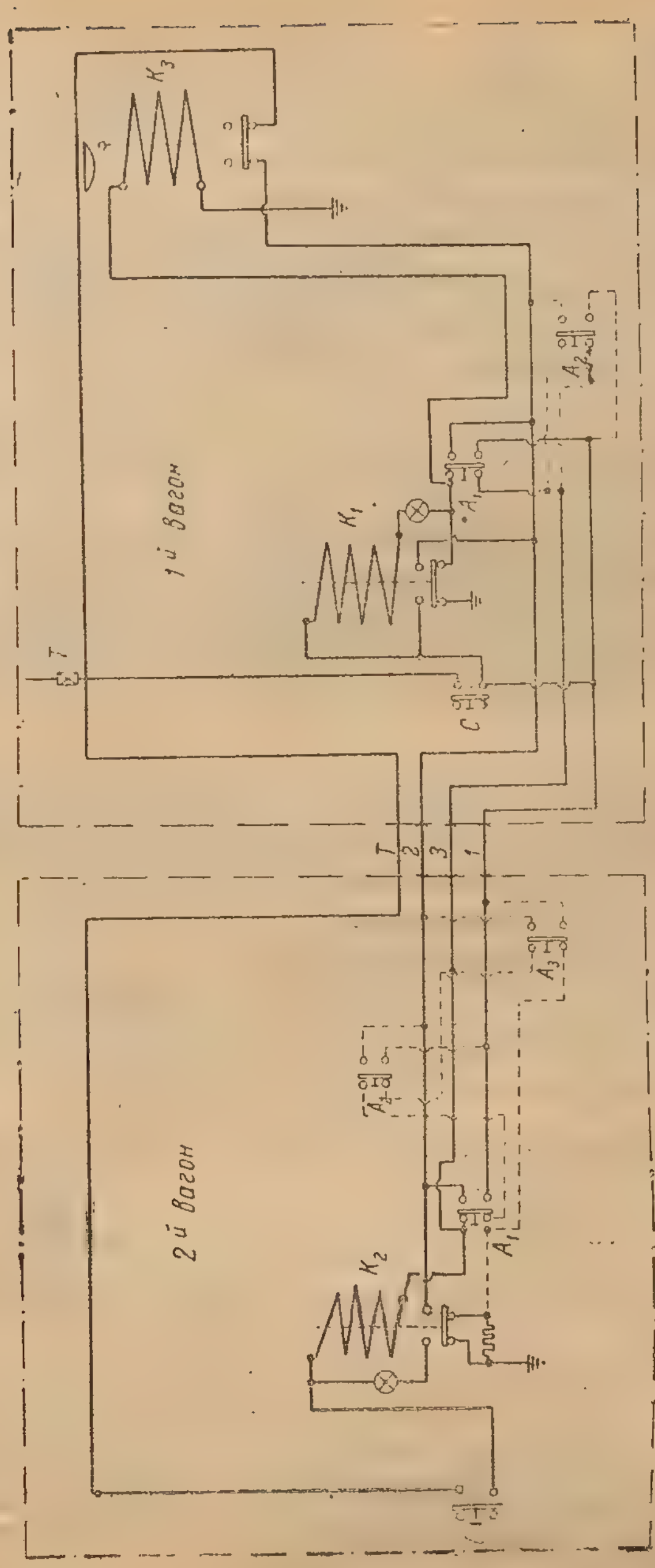
Лампы *1* имеют красные стекла, а лампы *2* — зеленые.

У места кондуктора в каждом вагоне имеются переключатели *6* и сигнальные указатели *7*.

Сопротивления *4* и *5* подобраны таким образом, чтобы при расположении переключателей *3* и *6*, указанном на фиг. 156, горели только лампы *2*.

Сопротивления указателей *7* подобраны так, чтобы при переключении переключателя *3* или хотя бы одного из переключателей *6* лампы *2* погасли, а лампы *1* зажглись.

При подъезде к остановке вагоновожатый устанавливает переключатель *3* в положение *Б*, отчего загораются красные лампы *1*, и все указатели начинают действовать. Сигнал отправления подается кондукторами при установке переключателей *6* в положение *В*. После подачи сигналов из всех вагонов красные лампы *1* гаснут, а зеленые лампы зажигаются. Эти лампы горят во все время движения



Фиг. 157. Схема электрической сигнализации вагона М-38.

поезда. На следующей остановке цикл подачи сигналов повторяется.

Схема электрической вагонной сигнализации инж. Поросятникова (фиг. 157) состоит из следующих основных элементов: электромагнитных реле, K_1 и K_2, устанавливаемых в каждом вагоне; электромагнитного звонкового реле = контактора K_3, устанавливаемого у поста управления; кнопки C — для подачи служебного сигнала; кнопок A_1 и A_2 — для подачи аварийного сигнала — прерывистого звонка (от K_3 через его блокировку); проводов *1*, *2*, *3* междувагонного кабеля управления; проводов T — от сети питания.

114. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ ТРАМВАЙНЫХ ПОЕЗДОВ

Движение поезда основано на превращении вращающего момента, создаваемого двигателями моторного вагона, в поступательное движение колесных пар.

Для поступательного движения поезда необходимо следующее соотношение:

$$F \leqslant A,$$

где: F — сила тяги;

A — сила реакции рельсов.

Максимальная сила тяги зависит от сцепного веса:

$$F_{\max} \leqslant P\varphi_c,$$

где: P — сцепной вес в кг;

φ_c — коэффициент сцепления.

Уравнение движения поезда для периода ускорения имеет следующий вид:

$$F = \frac{1000kG_n a}{g} + G_n(W_0 + W_z \pm W_i).$$

Для периода движения поезда по инерции уравнение движения имеет вид:

$$-\frac{1000kG_n a}{g} = G_n(W_0 + W_r \pm W_i) + R_м.$$

Движение поезда для периода торможения выражается уравнением:

$$-\frac{1000kG_n a}{g} = G_n(W_0 + W_r \pm W_i) + R_м + R_т.$$

В этих уравнениях:

$R_м$ — силы сопротивления в виде механических потерь в двигателях и передачах;

R_m — тормозное усилие;
a — ускорение поезда в м/сек.²;
g — ускорение силы тяжести = 9,81 м/сек.²;
W_o, W_r, W_i — сопротивление поезда в кг на тонну веса поезда;
G_n — полный вес поезда с пассажирами;
k — коэффициент, учитывающий влияние инерции вращающихся масс: для моторных вагонов принимается 1,1 ÷ 1,14 для прицепных — 1,06 ÷ 1,08.

Поезд при своем движении встречает следующие сопротивления: а) основное сопротивление движению, б) сопротивление от подъемов, в) сопротивление от кривых.

Сопротивление, преодолеваемое поездом при движении, выражается в килограммах и относится к 1 т веса поезда.

Основное сопротивление движению — это то сопротивление, которое испытывает поезд на прямом и горизонтальном участках пути. Оно состоит из сопротивления пути, сопротивления воздушной среды и сопротивления подвижного состава.

Сопротивление от подъемов выражается формулой:

$$w_i = \pm i \ кг/т,$$

где i — величина подъема в тысячных $^0/_{00}$ (со знаком плюс — для подъемов, со знаком минус — для спусков).

Сопротивление от кривых зависит главным образом от радиуса кривой и определяется по эмпирическим формулам.

Например, формула Иллинойсского университета (США) дает определение сопротивления от кривых в зависимости от скорости прохождения поезда:

$$w_r = \frac{3^0 v}{R} \ кг/т,$$

где: v — скорость поезда в км/час.,
R — радиус кривой в м.

Более распространена для определения сопротивления от кривых формула Блонделя:

$$w_r = \frac{350a}{R} \ кг/т,$$

где: a — ширина колеи в м,
R — радиус кривой в м.

Опытным путем установлено, что сопротивление от трения в буксах w бывает максимальным при трогании поезда с места и колеблется от 5 до 15 кг/т; среднее

сопротивление w_t при низких скоростях, при условии хорошей пригонки подшипников и наличии смазки, изменяется от 0,5 до 0,15 кг/т. При роликовых подшипниках величина w_t уменьшается в 5 раз.

Сопротивление от воздушной среды, испытываемое моторным вагоном или поездом, зависит от скорости движения поезда v, числа вагонов в поезде n, поперечного сечения моторного вагона S в м², боковой поверхности вагона m в м² и веса поезда G и выражается эмпирической формулой:

$$w_a \frac{0{,}027\,(S + 0{,}02n \cdot m)}{G} \cdot v^2 \ кг.$$

Внутренние сопротивления поезда и сопротивление воздушной среды определяются экспериментальным путем, при чем многие исследователи предлагают свои формулы. При производстве тяговых расчетов обычно пользуются общим сопротивлением w_0, определяемым опытным путем и подсчитываемым по эмпирическим формулам.

Путем многочисленных опытов, произведенных на трамваях, установлено, что общее сопротивление различно. Для рельсов Феникс оно колеблется от 7 до 9 кг/т, для рельсов Виньоль — от 4 до 6 кг/т. При расчетах по нормам ВТАБ рекомендуется принимать $w_0 = 9$ кг/т для моторных вагонов и 6 кг/т для прицепных. При загрязнении рельсов снегом или песком w_0 увеличивается иногда до $20 \div 25$ кг/т.

Общее сопротивление w_0 можно определить по следующим применяемым эмпирическим формулам

Формула Франка:

$$w_0 = 2{,}5 + 0{,}0142 \left(\frac{v}{10}\right)^2 + \frac{0{,}3n}{G} \left(\frac{v}{10}\right)^2 кг/т,$$

где: v — скорость поезда в км/час.;
n — число вагонов в поезде;
G — вес поезда в т.

Формула Пфорра:

$$w_0 = 2{,}5 + \left(0{,}00015 + \frac{0{,}0013n + 0{,}0005S}{G}\right) v^2 \ кг/т,$$

где: S — поперечное сечение моторного вагона в м²,
n — число вагонов в поезде,
v — скорость поезда в км/час.,
G — вес поезда в т.

Формула проф. Лебедева:

$$W_0 = \frac{25 + \left(\frac{v}{10}\right)^2}{\sqrt{G}} = \frac{S}{G}(0{,}43 + 0{,}06n)\left(\frac{v}{10}\right)^2 кг/т,$$

где: G — вес поезда в т,
v — скорость движения поездов в км/час.,
S — площадь проекции моторного вагона на плоскость, нормальную к оси пути, в м^2;
n — число вагонов в поезде.

115. УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ

В целях экономии электроэнергии, необходимо следить за удельным сопротивлением движению, которое при замерах в парках на чистых рельсах и площадках при малых скоростях движения не должно превышать в среднем:
для двухосных моторных вагонов — 5,0 кг/т,
для четырехосных моторных вагонов — 4,5 кг/т,
для прицепных вагонов (двухосных и четырехосных) 3,5 кг/т.

Примечание. Указанные нормы являются средними и должны уточняться каждым отдельным предприятием, с учетом состояния подвижного состава.

Необходимо содержать в полной исправности всю аппаратуру регулировки давления воздуха, тщательно регулировать тормозную систему, производить доброкачественную смазку всех трущихся частей, букс и компрессоров и систематически замерять удельное сопротивление движению подвижного состава в каждом парке по методу выбега или установившегося тока.

При введении замеров удельного сопротивления движению в процессе ночного осмотра подвижного состава (при применении метода установившегося тока) следует каждую ночь подвергать замерам весь подвижной состав или производить выборочные замеры с охватом ежедневно не менее 5% подвижного состава.

Метод измерения удельного сопротивления движению путем выбега при малых скоростях заключается в следующем.

Для производства замеров выделяется специальный участок (желательно, одна из канав в закрытом парке).

Этот участок должен отвечать следующим требованиям:

а) при негоризонтальной площадке продольный профиль должен иметь уклон (или подъем) на всем протяжении только в одном направлении;

б) наибольшее значение уклона не должно превышать 2,5—3,5 ‰;

в) переломы профиля по длине площадки нежелательны;

г) длина площадки должна быть не менее 50—60 м;

д) колея на площадке не должна иметь уширений и сужений;

е) рельсы на площадке должны быть чистыми;

ж) на поверхности площадки или на стене, рядом с рельсами, должны быть нанесены деления через 1—2 м, с четким указанием расстояния от начала площадки.

Поезд устанавливается в начале площадки или за 10—15 м от нее; работник, производящий замеры и находящийся на площадке вагона, принимает в качестве ориентира какую-либо из выделяющихся или выступающих деталей (поручень, оконная рама и т. д.).

Поезду дается разгон с таким расчетом, чтобы он, пройдя некоторое расстояние выбегом, остановился ближе к концу площадки без применения тормозов.

После выключения мотора, через несколько метров выбега, против одной из ближайших отметок расстояния, в момент прохождения мимо нее принятого ориентира, пускают секундомер и записывают цифру, стоящую у отметки в момент пуска секундомера. Далее поезд движется по инерции до полной остановки. Строго в момент остановки поезда останавливают секундомер и записывают отметку расстояния против ориентира, у которой остановился поезд. Таким образом, становятся известны: длина пути выбега S (от момента пуска до остановки секундомера) и время T сек., в течение которого продолжался выбег на участке длиной s м.

Если площадка строго горизонтальна, можно ограничиться замерами только в одном направлении.

Замерами при движении поезда в противоположных направлениях достигается исключение влияния подъемов и уклонов. В данном случае результирующей величиной w_0 явится средняя арифметическая величина из двух замеров в разных направлениях.

Не следует ограничиваться двумя замерами при испытании в разных направлениях или одним замером при испытании в одном направлении. Ввиду возможных неточностей, необходимо каждый проверяемый поезд подвергнуть трем или трем парам испытаний (в одну и другую стороны). Средняя величина удельного сопротивления определится как средняя арифметическая из трех или

трёх пар замеров. Если отдельные результаты резко отклоняются от остальных, их следует исключить.

Подсчет величины удельного сопротивления движению производится по формуле:

$$w_0 = a \frac{s}{T^2},$$

где: s — путь выбега в м;

T — время выбега в сек. на участке s м,

$a = 203{,}9\ (1 + \gamma)$, где γ — коэффициент инерции вращающихся масс поезда.

Значения $(1 + \gamma)$ могут быть приняты: для моторных вагонов 1,10—1,14, для прицепных — 1,04 — 1,06.

Исходя из этих значений коэффициентов вращающихся масс, можно пользоваться следующими величинами коэффициента a: для моторных вагонов — 230, для прицепных — 214.

Для поезда γ определяется следующим уравнением:

$$\gamma \text{ поезда} = \frac{\gamma_m P_m + n\gamma_n P_n}{P_m + nP_n},$$

где: γ_m — коэффициент инерции вращающихся масс моторного вагона,

γ_n — коэффициент инерции вращающихся масс прицепного вагона,

P_m — вес моторного вагона,

P_n — вес прицепного вагона,

n — количество прицепных вагонов в составе поезда.

Метод установившегося тока заключается в следующем.

При установившейся скорости суммарное тяговое усилие поезда равно полному сопротивлению его движению; ток двигателей при этом неизменен (установившийся ток). По тяговой характеристике поезда определенному значению тока соответствует определенная величина тягового усилия.

Зная величину установившегося тока, соответствующую ей величину тягового усилия и вес испытуемого поезда, можно определить величину удельного сопротивления его движению.

Но величина установившейся скорости на нормальных ездовых позициях велика. Поэтому ее необходимо понизить с таким расчетом, чтобы она была быстро достигнута поездом в пределах длины площадки для замеров (канавы). Это может быть осуществлено путем значитель-

ного понижения напряжения, подводимого к двигателям поезда. Как известно, скорость движения поезда зависит от напряжения, а тяговое усилие только от тока, от напряжения оно почти не зависит.

Принципиальная электрическая схема для замеров удельного сопротивления движению по методу установившегося тока заключается в подключении реостата на участок контактной сети площадки для замеров (отделенный с двух сторон от прочей сети секционными изоляторами). Манипулирование реостатом производится из специальной будки.

Реостат необходим для понижения в нужных пределах напряжения, подводимого к двигателям поезда. Различная величина напряжения, которая должна быть подведена к двигателям, обусловлена необходимостью создать возможность замерять поезда разных составов (из одного моторного вагона, из моторного и одного прицепного вагона и т. д.) и с разным удельным сопротивлением движению.

Величина сопротивления реостата должна быть порядка 20 ом. Когда замеры не производятся, сеть опытной площадки подключается специальным рубильником к контактной сети с нормальным напряжением. В этом случае площадка для замеров удельного сопротивления движению превращается в нормально эксплоатационную, при полном напряжении сети.

Раздел V

ТРАМВАЙНЫЕ ПАРКИ (ДЕПО) И ВАГОНОРЕМОНТНЫЕ МАСТЕРСКИЕ

116. КЛАССИФИКАЦИЯ ПАРКОВ

В настоящее время имеется три основных типа парков: 1) закрытый, 2) открытый, 3) комбинированный.

Закрытый парк состоит из вагонных сараев, в которых вагоны осматриваются и остаются до момента выпуска на линию.

Закрытые парки бывают: а) тупиковые, где вход и выход вагонов происходит с одной стороны, и б) сквозные, где вагоны входят с одной стороны, а выходят — с другой.

Основным недостатком закрытого парка является высокая стоимость вагономест.

Открытый парк состоит из ремонтно-осмотрового здания, где производятся осмотр и ремонт вагонов, и из открытых путей, на которых устанавливаются осмотренные вагоны в ожидании выпуска на линию. Ремонтно-осмотровое здание обычно состоит из трех зон (отделений): 1) входного тамбура, 2) осмотрового помещения и 3) выходного тамбура.

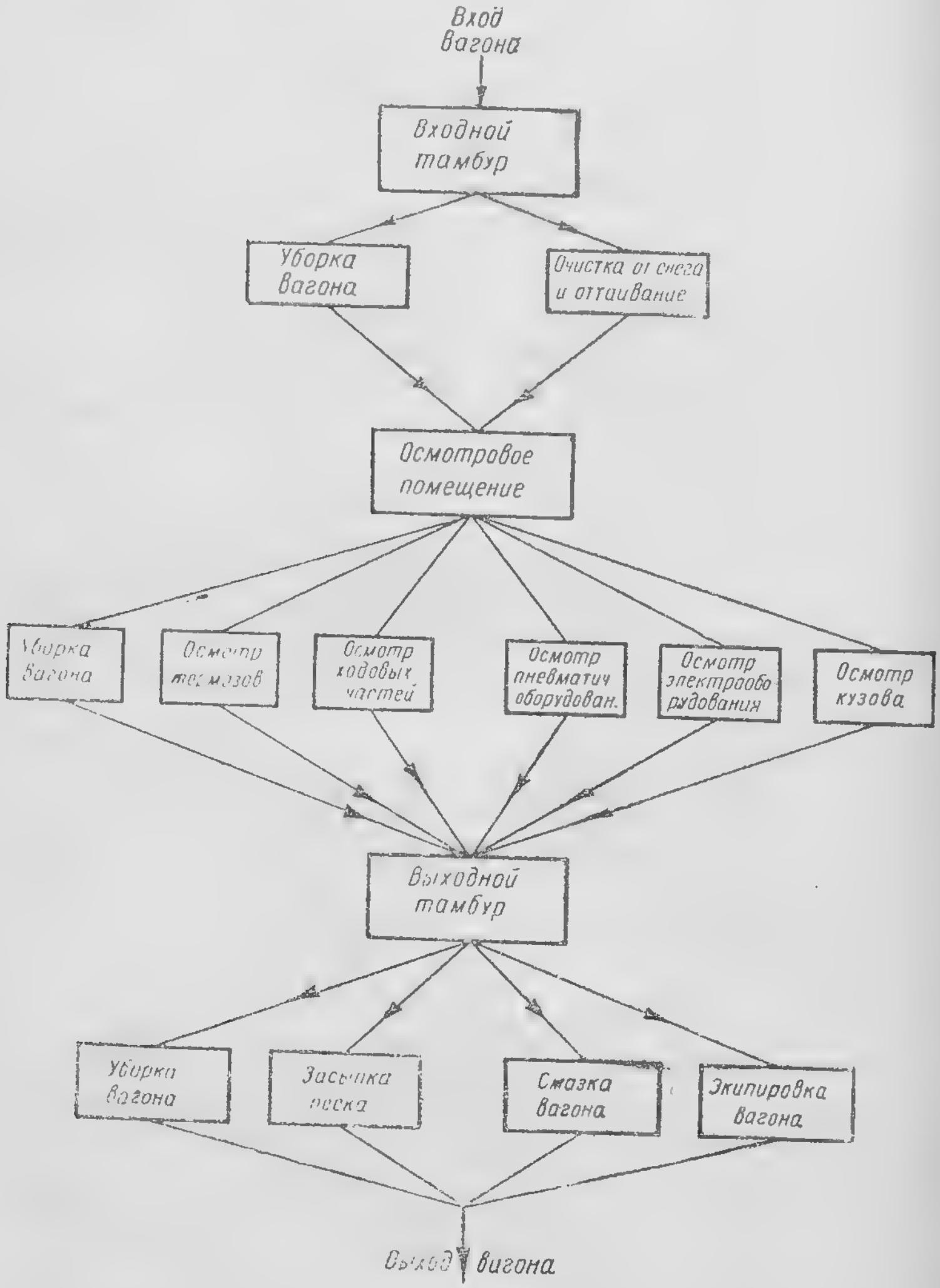
Ремонтное отделение для случайных и плановых ремонтов иногда отделяется стеной от осмотрового отделения.

Технологический процесс осмотра вагонов при потоке (фиг. 158) организуется, примерно, следующим образом.

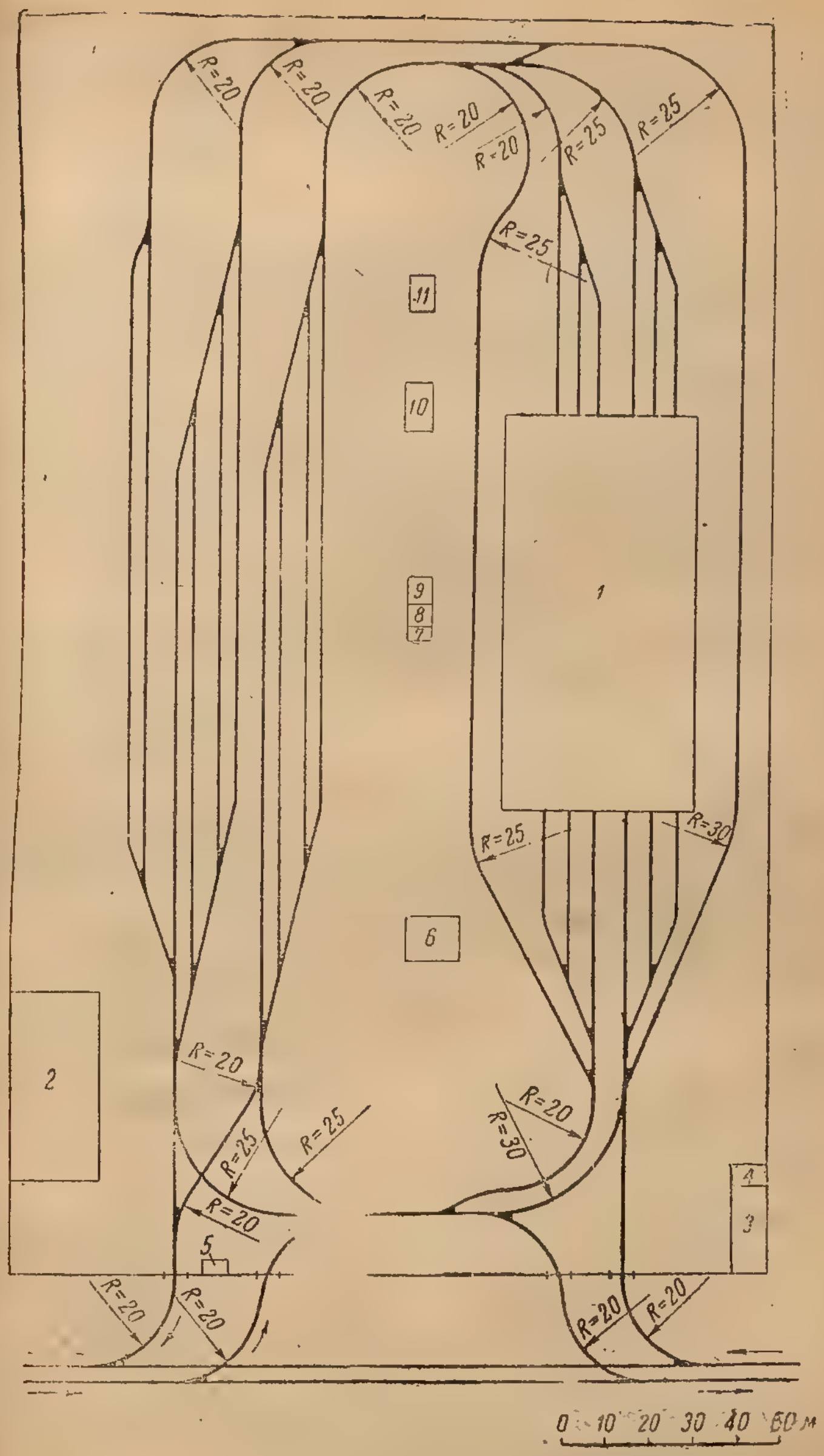
Вагоны, пришедшие с линии для осмотра, поступают во входной тамбур, в котором начинается их уборка. Зимой для удобства осмотра вагонов с них удаляется снег и лед.

Через 18—20 мин. поезда из входного тамбура перемещаются в осмотровое помещение, где производится осмотр кузовов и всех агрегатов вагонов (тормозов, ходовых частей, пневматического и электрического оборудований).

Через 10—20 мин. поезда из осмотрового помещения передвигаются в выходной тамбур, где производятся засыпка песка в песочницу, смазка, экипировка вагонов и окончательная их уборка.



Фиг. 158. Схема прохождения вагоном поточного осмотра.



Фиг. 159. Схема путей в открытом парке:

1 – ремонтно-осмотровое здание, 3500 м²; *2* – дом администрации, 800 м²; *3* – гараж, 155 м²; *4* – пост пожарной охраны, 25 м²; *5* – проходная, 22 м²; *6* – котельная, 120 м²; *7* – кладовая, 20 м²; *8* – цейхгауз, 30 м²; *9* – склад железа, 20 м²; *10* – пескосушилка, 60 м²; *11* – склад горючих, смазочных и обтирочных материалов, 20 м².

Из выходного тамбура вагоны выводятся на открытые пути, где остаются до момента выпуска их на линию. Со всеми вагонами операции осмотра повторяются в такой же последовательности. Распределение осмотровых работ по зонам может варьироваться в зависимости от местных условий.

Осмотр вагонов по принципу потока имеет большие преимущества: рабочие бригады по осмотру вагонов находятся постоянно на определенных местах, имеющих соответствующее оборудование, инструмент и ходовой ассортимент запасных частей, при чем каждый рабочий бригады специализируется на осмотре определенных узлов вагонов, благодаря чему достигается высокое качество осмотра и лучшее использование рабочей силы; легко осуществляется технический инструктаж и контроль мастера за работой бригады; сокращаются непроизводительные затраты времени на переходы бригад по вагонам, в кладовую и т. п.

Вместимость осмотрового отделения не рассчитана на установку всех осматриваемых вагонов. Поэтому стоимость одного вагономеста в открытом парке обходится дешевле, чем в закрытом парке (на $30 \div 40\%$).

На фиг. 159 приведена типичная схема путей в открытом парке.

Комбинированный парк представляет сочетание открытого и закрытого парков. В вагонном сарае устраиваются сквозные пути, на которых организуется осмотр вагонов поточным методом.

На остальных путях в вагонных сараях осмотр производится стационарным методом. Вагоны, прошедшие поточный осмотр, устанавливаются на открытых путях.

117. КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Степень использования подвижного состава характеризуется двумя коэффициентами:

α — коэффициентом выпуска, определяемым как отношение числа вагонов, выпущенных на линию, к инвентарному числу вагонов:

$$\alpha_1 = \frac{N_g}{N_u},$$

где: N_g — число вагонов на линии, а N_u — число инвентарных вагонов и

α_2 — коэффициентом использования вагонов по вре-

мени работы на линии, определяемым по формуле:

$$\alpha_2 = \frac{N_g \cdot t}{N_u \cdot 24},$$

где: t — среднее число часов работы вагона на линии за сутки,

24 — число часов в сутки.

Коэффициентом α_1 пользуются для целей планирования, расчетов инвентарного числа вагонов и пр.

Коэффициент α_1, по данным трамваев СССР, составляет по моторным вагонам $0{,}9 \div 0{,}91$, по прицепным — $0{,}9 \div 0{,}93$.

Коэффициент α_2 служит показателем производительного использования вагонов на линии. Он составляет, по данным трамваев СССР, по моторным вагонам $0{,}6 \div 0{,}61$, по прицепным — $0{,}61 \div 0{,}62$.

118. СИСТЕМЫ РЕМОНТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Для содержания подвижного состава в исправном и технически годном состоянии трамвайные предприятия применяют определенные системы профилактических осмотров и ремонтов, построенные обычно в зависимости от фактического пробега вагонов.

В трамвайных предприятиях, подчиненных Министерству коммунального хозяйства РСФСР, в соответствии с приказом Главного управления трамваев и троллейбусов № 26 от 26 августа 1944 г., установлены следующие виды плановых обязательных осмотров и ремонтов подвижного состава:

№ 1 — ежесуточный ночной осмотр;
№ 2 — двенадцатидневный осмотр;
№ 3 — малый периодический ремонт, (после пробега 30 тыс. км);
№ 4 — средний периодический ремонт (после пробега 60 тыс. км);
№ 5 — большой периодический ремонт (после пробега 120 тыс. км);
№ 6 — капитальный ремонт (после пробега 720 тыс. км).

Каждому виду осмотра и ремонта соответствует определенный объем обязательных работ, установленный в утвержденных характеристиках осмотров и ремонтов.

При ежесуточном ночном осмотре основными работами являются: осмотр, проверка действия и регулировка тормозной системы со сменой отдельных негодных деталей;

осмотр тяговых и сцепных приборов; проверка состояния ходовых частей и их крепления; проверка крепления компрессора и состояния рукавов; спуск воды из резервуаров (зимой продувка по графику); проверка исправности подвагонных сеток; очистка деталей контроллера с заменой негодных деталей и регулировкой; осмотр и зачистка коллекторов и щеткодержателей тяговых двигателей; проверка состояния щеток и их притирки: проверка бандажей якоря, крепления полюсов катушек, состояния вводных проводов, величины разбега якоря, состояния шестерен, их кожухов и смазки, крепления крышек и люков корпуса, крепления моторов и его осевых подшипников; осмотр и проверка исправности и действия всего электрооборудования и освещения кузова, поручней, подножек, оконных рам, дверей и пр. Одновременно производится смазка трущихся частей, засыпка песка в песочницы, наружная и внутренняя уборка вагона.

Осмотр № 2 выполняется обычно днем, при чем вагоны поступают на осмотр по определенному графику. Помимо осмотра и регулировки отдельных частей вагона, ряд агрегатов подвергается обязательной ревизии, согласно установленным графикам (разборка буфера — раз в 36 дней; выемка буксовых вкладышей и полная смена подбивки в буксах — раз в 48 дней; вскрытие осевого компрессора — раз в 24 дня; съемка щеткодержателей и шестеренных кожухов — раз в 36 дней). При осмотре № 2 производится смена изношенных деталей, которые не могли быть сменены при кратковременном ночном осмотре, а также тщательная уборка и промывка вагона с периодической дезинфекцией.

Малый ремонт выполняется с подъемкой кузова и полной разборкой всех основных частей и узлов вагона. Полностью разбираются, очищаются и осматриваются (с правкой или сменой негодных частей) тормозная система, тяговые и сцепные приборы. Детальному осмотру подвергаются колесные пары, при чем при необходимости производится проточка или смена бандажей. Осматриваются и при необходимости завариваются или заклепываются балки, кронштейны и подвески рамы тележки; проверяются и при необходимости меняются детали рессорного подвешивания. Производится ревизия моторно-осевых и буксовых подшипников с их сменой или шабровкой. В пневматической системе производятся: проверка под давлением на утечку; ревизия компрессора со сменой от-

дельных частей; осмотр и регулировка всех приборов; продувка и испытание воздухопроводов. Тяговые двигатели разбираются и подвергаются очистке, ремонту со сменой отдельных деталей, а при необходимости протирке, просушке и обязательному испытанию. Контроллеры подвергаются ревизии, ремонту и регулировке. Все электрические аппараты осматриваются, очищаются и регулируются.

По кузову устраняются грубые вмятины в обшивке; исправляются отбойные брусы и отливы; осматриваются, закрепляются и при необходимости сменяются подножки, поручни, стекла, дверные механизмы и проч; исправляется пол и обшивка крыши; расчищается и обновляется местами поврежденная окраска обшивки; производится хорошая промывка с мылом внутренности кузова.

После смазки, осмотра и испытания на канаве вагон проходит обкатку при пробеге не менее 15 км.

При среднем ремонте полному ремонту и частичной смене подвергаются все детали тормоза. Детали правятся по шаблону, тяги сменяются или подвергаются прогонке резьбы, втулки и пружины сменяются, тяговые и сцепные приборы после ревизии и ремонта подвергаются испытанию. Все ходовые части после разборки и промывки тщательно осматриваются. Слабые места тележки переклепываются или завариваются. Производятся смена заливки подшипников, проточка или смена бандажей, переборка и испытание рессор и пружин.

Компрессор, тормозные и сеточные цилиндры и все пневматические приборы подвергаются ревизии и ремонту со сменой изношенных частей.

Тяговый двигатель разбирается, продувается и окрашивается внутри и снаружи; магнитные катушки просушиваются, пропитываются и испытываются, а при необходимости снимаются для ремонта. Якорь ремонтируется со сменой бандажей, просушкой, пропиткой, балансировкой, продорожкой коллектора и испытанием. Вентиляционные устройства ремонтируются или сменяются, моторноосевые подшипники и шестерни сменяются.

Контроллеры и прочая электрическая аппаратура подвергается полной ревизии, ремонту и испытанию. Вся электропроводка вагона вскрывается, осматривается и испытывается.

По кузову исправляется обшивка и устраняются вмятины; укрепляются ослабшие части; производится ремонт

или смена полового мата, ремонт мебели и внутренней арматуры. Внутри и снаружи производится средняя окраска (с расчисткой поврежденной или вздувшейся краски).

После детального осмотра и испытания на канаве вагон подвергается обкатке при пробеге не менее 30 км.

При большом ремонте все детали тормоза, тяговых и сцепных приборов и ходовых частей восстанавливаются по чертежным размерам. Во всех шарнирах сменяются втулки, ставятся колесные пары с новыми бандажами, заменяются буксовые лица, перебираются, перекаливаются и испытываются все рессоры и пружины. При восстановлении размеров тележки заменяются негодные балки и переклепываются узлы. При ремонте компрессора все его детали доводятся до чертежных размеров.

Тяговый двигатель подвергается полной разборке со снятием катушек. Корпус протравливается и окрашивается внутри и снаружи. Полюсы, шпильки, прокладки и пр. ремонтируются или сменяются. Катушки и якори ремонтируются с просушкой, перепайкой, переизолировкой и испытанием. Сменяются моторно-осевые подшипники и шестерни, ремонтируются или сменяются шестеренные кожухи. Производится испытание двигателя на стенде.

В контроллерах сменяются сегменты главного вала, подшипники, пружины и сухари, проверяется полностью изоляция, ремонтируются все блокирующие и отщелкивающие механизмы. Производится испытание на диэлектрическую прочность, нагрев и искрогашение.

Электрическая аппаратура полностью ремонтируется согласно чертежам и испытывается. Электрические проводки (силовые, осветительные и вспомогательные) вскрываются, осматриваются, ремонтируются (изоляция) и испытываются на сопротивление изоляции.

В кузове ремонтируется все внутреннее и наружное оборудование и части, настилается новый половой мат. Осматриваются, выправляются, завариваются, переклепываются и окрашиваются балки, рамы кузова, полностью выправляется и при необходимости местами сменяется обшивка. Брезент крыши сменяется весь или частично. Старая окраска внутри и снаружи полностью расчищается и производится полная окраска кузова. Производится переклепка окон и дверей и ремонт всех кузовных приборов и арматуры.

После испытания и осмотра на канаве вагон проходит обкатку при пробеге не менее 50 км.

При капитальном ремонте, кроме основных работ, перечисленных при характеристике большого ремонта, производятся: снятие обшивки кузова; осмотр и ремонт деревянной обрешетки; обшивка кузова железом; вскрытие крыши и потолка с ремонтом каркаса и настила; покрытие крыши новыми материалами; снятие и настил новых полов с предварительным ремонтом и окраской рамы кузова; съемка мебели, панелей и раскадки с перечисткой и окраской заново; полная окраска кузова по новому грунту.

По электрооборудованию производится выемка всей электропроводки с заменой всех силовых проводов, состояние которых не обеспечивает надежной работы до следующего капитального ремонта, а также проверка на станке централи тягового двигателя и мотор-компрессора с восстановлением построечных размеров.

119. НОРМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ, ПОДСОБНЫХ И БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В ПАРКЕ (ДЕПО)

Таблица 90

Нормы площадей для производственных цехов

Наименование мастерских	Измеритель	Площадь на одно рабочее место, м²
1	2	3
Кузовная	Вагоно-сборочное рабочее место для двухосного вагона (без верстачных мест) . . .	100 ÷ 110
Слесарно-механическая	Станочное рабочее место .	12 ÷ 15
	Верстачное рабочее место .	6 ÷ 8
Электротехническая	Слесарное рабочее место .	6 ÷ 8
	Демонтажно-монтажное рабочее место	10 ÷ 12
Кузнечно-рессорная	Рабочее место кузнеца с молотобойцем или рессорщика с подручным	20 ÷ 25
Сварочная	Сварочный пост с кабиной .	10 ÷ 12
Столярная и деревообделочная	Верстачное рабочее место .	8 ÷ 10
	Станочное рабочее место .	20 ÷ 25
Обойная	Верстачное рабочее место .	10 ÷ 12
Лакировочная	Стеллажное рабочее место	15 ÷ 20
Жестяницко-медницкая	Верстачное рабочее место .	6 ÷ 8
Малярная	Кузовное малярное рабочее место	100 ÷ 110
	Верстачное рабочее место .	6 ÷ 8
Инструментальная	Станочное рабочее место .	10 ÷ 12

При расчете оборудования, рабочих мест и площадей производственных подсобных и бытовых помещений парков (депо) можно руководствоваться примерными нормами и данными, приведенными в табл. 90—92.

Таблица 91

Нормы площадей подсобных помещений

Наименование мастерских и помещений	Измеритель	Площадь на одного рабочего, рабочее место или агрегат, м²
1	2	3
Компрессорная	Компрессор	20 ÷ 25
Ремонтно-строительная	Станочное рабочее место	12 ÷ 15
	Верстачное рабочее место	6 ÷ 8
Комплектовочная кладовая для эксплоатационного отделения	Инвентарный двухосный моторный вагон	0,5 ÷ 0,7
Центральный материальный склад		1,5 ÷ 2,0
Склад железа		0,20 ÷ 0,25
Склад горючего и смазочных материалов		0,10 ÷ 0,20
Склад обтирочных материалов		0,1 ÷ 0,15
Склад леса		0,5 ÷ 0,8
Склад сырого песка		0,2 ÷ 0,3
Цейхгауз		0,2 ÷ 0,3
Кладовая для сухого песка		0,15 ÷ 0,2
Пескосушилка		0,3 ÷ 0,5
Диспетчерская	Дежурный пост	15
Трансформаторный киоск	1 *ква* установленной мощности	0,2 ÷ 0,3
Гараж	Легковой автомобиль	35
	Грузовой автомобиль	60
Моечная вагонов	Двухосный вагон	100
Пост пожарной охраны	Один человек	5
Помещение сторожевой охраны	То же	4
Проходная	Один пост	10

К санитарно-техническому и энергетическому оборудованию трамвайного парка относятся:

а) водоснабжение,

б) канализация,

в) освещение и силовые электросети,

г) отопление,

д) вентиляция,
е) сети сжатого воздуха.

Таблица 92

Нормы площадей бытовых, административных и общественных помещений

Наименование помещений	Измеритель	Площадь, м²
1	2	3
Гардеробная (при двойных шкафах)	Один человек	0,7
Гардеробная (при одиночных шкафах)	„ „	0,5
Гардеробная (для общей вешалки)	Рожок	2,0
Раздевальня при душевой . .	Один человек в смену	1,0
Умывальная	Кран	0,8
Уборная	Унитаз	3,0
Медпункт	Комната	15,0 ÷ 20,0
Курительная	Один курящий в смену	0,7
Комната для принятия пищи .	Один человек в смену	1,0
Сушилка для спецодежды . . .	То же	1,0
Дом администрации с помещением для общественных организаций	Один человек	4,5

Таблица 93

Нормы расхода воды для производственных, хозяйственных и противопожарных нужд

Наименование нужд по водоснабжению	Измеритель	Норма расхода воды на измеритель, л
Мытье вагонов	Инвентарный вагон в день	200 ÷ 300
Производственные нужды .	Приведенный двухосный моторный вагон в день	130 ÷ 150
Хозяйственные и питьевые нужды	Один рабочий в смену	25
То же	Один рабочий горячих цехов в смену	35
Души	Один рабочий в смену	40
Поливка территории двора	1 м² поливаемой площади (два раза в сутки)	1,5
Пожарные нужды	Наружные пожарные краны при 1 струе (в секунду)	5
То же	Внутренние пожарные краны при 1 струе (в секунду)	2,5
Умывальные	В смену на рожок (холодная и горячая вода)	300
Уборные	В смену на 1 унитаз	250

Таблица 94

Нормы освещенности в трамвайных парках

Наименование помещений и объектов освещения	Наименьшая освещенность (только при общем освещении), люксов
Ремонтно-осмотровое здание:	
а) входной и выходной тамбуры	30
б) осмотровое помещение и отделение заявочного ремонта	60
в) осмотровые канавы	20
Слесарно-механическая мастерская	75—50
Электротехническая мастерская	60
Инструментальная мастерская	75—50
Кузнечная и рессорная мастерская	60
Сварочная мастерская	60
Жестяницко-медницкая мастерская	45
Компрессорная мастерская	45
Столярная мастерская	60
Деревообделочная мастерская	100
Обойная и малярная мастерская	60
Условные знаки и объявления, предупреждающие об опасности	100
Помещения для принятия пищи:	
на столах в горизонтальной плоскости	50
Уборные, умывальные и душевые:	
на полу	15
Раздевальни:	
а) на полу	15
б) на столах, шкафах и вешалках в вертикальной плоскости на высоте 1,5 *м* от пола	25
Проходы в помещениях для работы между станками, верстаками, столами и т. д.:	
а) на полу	10
б) на стенах, поверхностях станков и столов, ограничивающих проходы, в вертикальной плоскости на высоте 1,5 *м* от пола	4
Проходные помещения, входы и выходы, лестницы, лестничные площадки и иные помещения для временного пребывания или прохода людей:	
а) на полу	5
б) на стенах в вертикальной плоскости на высоте 1,5 *м* от пола	3

Продолжение

Наименование помещений и объектов освещения	Наименьшая освещенность (только при общем освещении), люксов
Кладовая, раздаточная и склад запасных частей:	
а) на полу	30
б) на стенах и стеллажах в вертикальной плоскости на высоте 1 *м* от пола	12
Прочие склады:	
а) на полу	5
б) на стенах в вертикальной плоскости на высоте 1 *м* от пола	2
Распределительный щит и измерительные приборы	75
Контора и чертежные:	
а) на письменных столах	75
б) в чертежных	100
Наружное освещение:	
а) подъездных путей	1
б) на территории парка:	
в местах передвижения и стояния вагонов	5
в остальных местах	1

При проектировании водопровода можно пользоваться нормами, приведенными в табл. 93.

Нормы искусственного освещения сооружений парка приведены в табл. 94.

Таблица 95

Температуры в помещениях трамвайного парка

Наименование помещений	Внутренняя температура помещения, °С
Осмотровые вагонные сараи закрытых парков . .	10°
Все производственные помещения парка и мастерские, кроме горячих цехов и малярной	15
Малярная мастерская	20
Кузнечно-рессорная и сварочная мастерские . . .	8 ÷ 12
Уборная	10 ÷ 12

Продолжение

Наименование помещений	Внутренняя температура помещения, °С
Гардеробная	16
Душевая	25
Раздевальня при душевой	22
Умывальная	16
Комната отдыха	18
Помещения общественных организаций	18
Конторские помещения	18
Кабинеты	18

Таблица 96

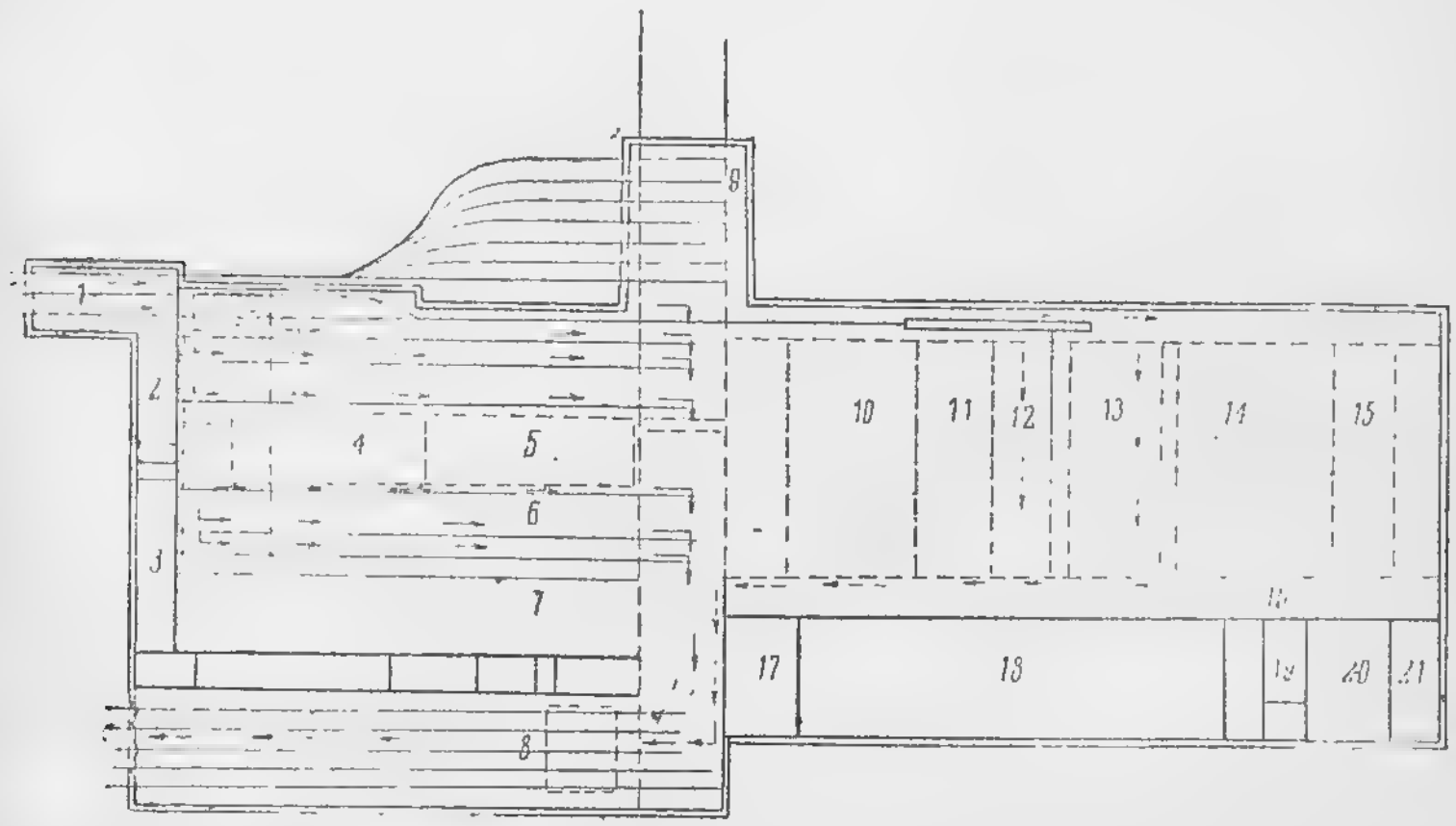
Кратность обмена вентиляционного воздуха

Наименование помещений	Кратность вентиляционного воздуха в 1 час
Гардеробные верхнего платья и негрязной спецодежды	—1
Раздевальные и душевые, расположенные вместе	+5
Раздевальные и душевые, расположенные отдельно друг от друга:	
а) раздевальные	+5
б) душевые	—5
Умывальные	—1
Комнаты отдыха	—2
Конторские помещения	—1
Кабинеты	—1
Помещения общественных организаций	—3
Малярная	+5
Пропиточная	+5
Сушильный шкаф	+10
Столярная-деревообделочная	+3
Аккумуляторная	+8

Примечание. Знак — означает кратность обмена, создаваемого вытяжной вентиляцией, при неорганизованном возмещении удаляемого воздуха притоком. Знак + означает, что приток воздуха должен быть организованным.

120. ТИПЫ ВАГОНОРЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ И ЗАВОДОВ

В вагоноремонтных мастерских (ВРМ) целесообразно организовать средний и большой периодический ремонты, а также капитальный и крупноаварийный ремонты. ВРМ располагаются как совместно с парком, так и отдельно.



Фиг. 160. Вагоноремонтный завод с вагоносборочным цехом с продольным перемещением кузова:

1—моечная; *2*—гальваническая; *3*—обойная; *4*—листоправный и жестяницкий цехи; *5*—ремонт пневмооборудования и токоприемников; *6*—кузовный цех; *7*—столярный и деревообделочный цех; *8*—малярный цех; *9*—места стационарного ремонта; *10*—электротехнический цех; *11*—моторно-сборочный цех; *12*—тележечный цех; *13*—колесно-токарный цех; *14*—слесарно-механический цех; *15*—кузнечно-рессорный цех; *16*—ремонт и монтаж тележек; *17*—ремонтный цех; *18*—главный склад; *19*—компрессорная; *20*—инструментальная; *21*—термическая.

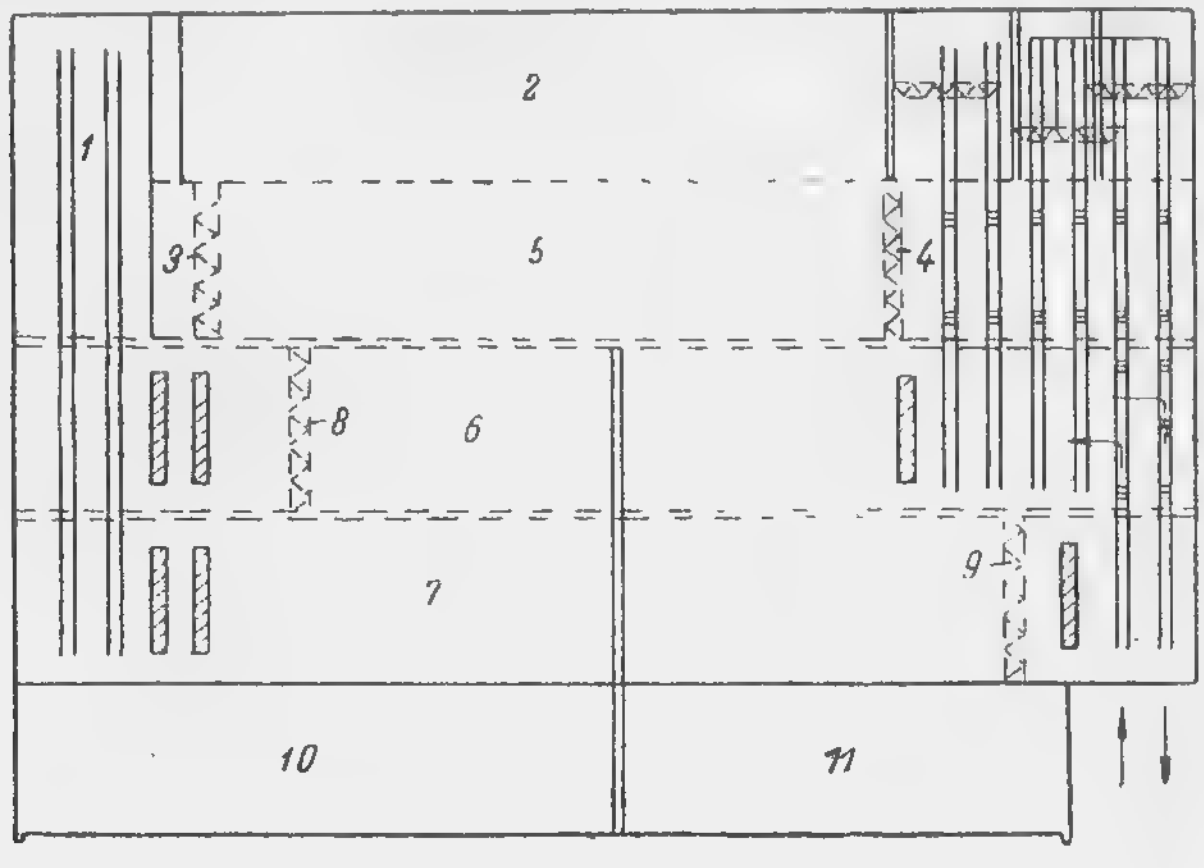
Совместное расположение ВРМ с парком целесообразно только при небольшом объеме ремонтных работ.

Практикой установлено, что при инвентаре вагонов в парке свыше 150 вагонов рациональна организация независимых от депо ВРМ. Типы ВРМ или ВАРЗов отличаются главным образом планировкой вагоносборочных цехов и зависит от принятого метода ремонта вагонов.

По методам производства работ ремонты вагонов разделяются на стационарные и поточные.

В трамвайной практике встречаются следующие основные типы ВРМ (или ВАРЗов):

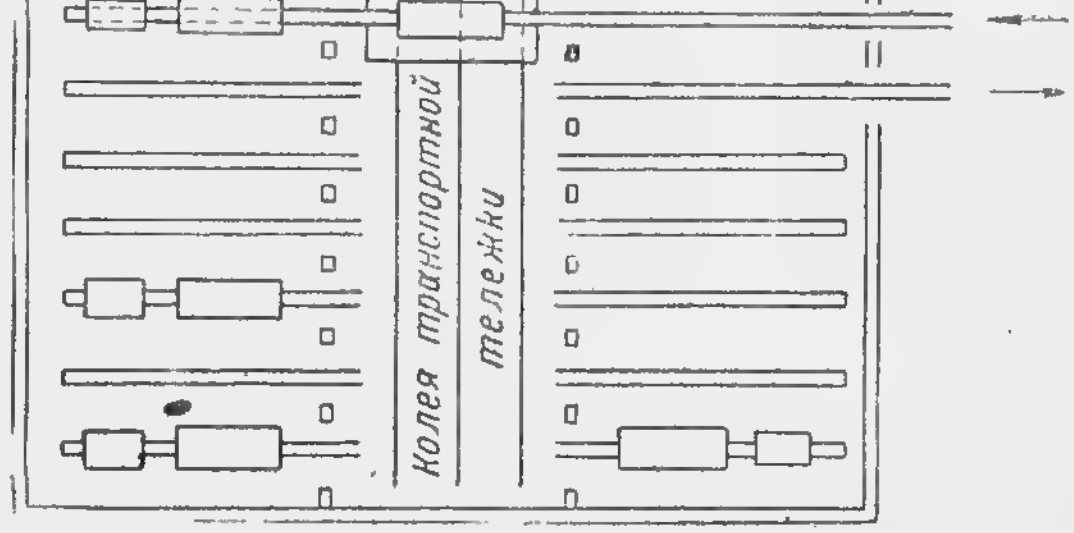
а) с вагоносборочным цехом, с продольным перемещением кузова (фиг. 160);



Фиг. 161. Вагоноремонтный завод с вагоносборочным цехом с поперечным перемещением кузова:

1 — малярный цех; *2* — производственные цехи; *3* и *4* — краны 10 м; *5* — тележечный и моторосборочный цехи; *6* и *7* — кузовные цехи; *8* и *9* — краны 2,5 м; *10* — бытовые помещения; *11* — подсобные цехи.

б) с вагоносборочным цехом, с поперечным перемещением кузова (фиг. 161);



Фиг. 162. Вагоноремонтные мастерские с транспортной тележкой.

в) с вагоносборочным цехом, с тупиковыми путями и входным веером путей;

г) с вагоносборочным цехом, с транспортной тележкой — трансбордером (фиг. 162).

121. ЦЕХИ И ПОМЕЩЕНИЯ ВАГОНОРЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ

Вагоноремонтные мастерские имеют обычно следующие производственные цехи: а) вагоносборочный, б) тележечный, в) малярный, г) кузнечно-рессорный, д) термический, е) слесарно-механический, ж) моторосборочный, з) электротехнический (аппаратный), и) колесно-токарный, к) медницко-жестяницкий, л) листоправный, м) изоляционный, н) никелировочный, о) лакировочный, п) деревообделочный р) столярный, с) обойный, т) литейный, у) пропиточный.

Таблица 97

Нормы площадей производственных цехов вагоноремонтных мастерских

Наименование цехов	Измеритель	Площадь на одно рабочее место, м²
Вагоносборочный	Вагоносборочное рабочее место для двухосного вагона (без верстачных работ)	100 ÷ 110
Тележечный	Рабочее место	60 ÷ 70
Малярный	Кузовное малярное место для двухосного вагона	100 ÷ 110
Слесарно-механический . .	Станочное рабочее место	12 ÷ 15
	Верстачное рабочее место	8
Аппаратный	Верстачное рабочее место	8
Электротехнический . . .	Верстачное рабочее место	8
	Рабочее место в моторосборочной	10 ÷ 12
Колесно-токарный	Колесно-токарный станок	35 ÷ 40
	Печь для нагрева бандажей	15 ÷ 18
	Место для насадки бандажей	15 ÷ 18
Кузнечный	Рабочее место кузнеца с молотобойцем	20 ÷ 25
Рессорный и термический	Рабочее место рессорщика с подручным	20 ÷ 25
Деревообделочный	Станочное рабочее место	20 ÷ 25
Столярный	Верстачное рабочее место	8 ÷ 10
Обойный	Верстачное рабочее место	10 ÷ 12
Сварочный	Сварочный пост с кабиной	10 ÷ 12
Листоправный	Рабочее место с плитой	20 ÷ 25
Медницко-жестяницкий . .	Верстачное рабочее место	8 ÷ 10
Лакировочно-стекольный .	Рабочее место	15 ÷ 20
Гальванический	Рабочее место	8 ÷ 10
Литейный	Рабочее место	20 ÷ 25

К подсобным цехам и помещениям ВРМ относятся: а) ремонтно-строительный цех, б) инструментальный цех, в) компрессорная, г) склады и кладовые, д) испытательные станции, е) лаборатория, ж) котельная, з) трансформаторный киоск, и) гараж, к) конторы, л) лесосушилка, м) сторожевая и пожарная охрана, н) склад ПВХО.

К бытовым помещениям ВРМ относятся гардеробные, душевые, умывальные, уборные, медпункт, помещения для принятия пищи и др.

Площади производственных цехов можно рассчитывать по нормам, приведенным в табл. 97.

Раздел VI

КАБЕЛЬНАЯ СЕТЬ

122. КОММУТАЦИОННЫЕ СХЕМЫ ПИТАНИЯ ТРАМВАЙНЫХ СЕТЕЙ

При развитой трамвайной сети устанавливаются, согласно расчету, отдельные районы, в центре нагрузки которых располагаются преобразовательные подстанции. Район каждой подстанции разделяется на отдельные участки сети, к питающим пунктам которых подводятся от подстанции питающие и отсасывающие фидеры.

Местоположение питающих и отсасывающих пунктов в контактном проводе и на рельсовом пути определяется расчетом сети при условии:

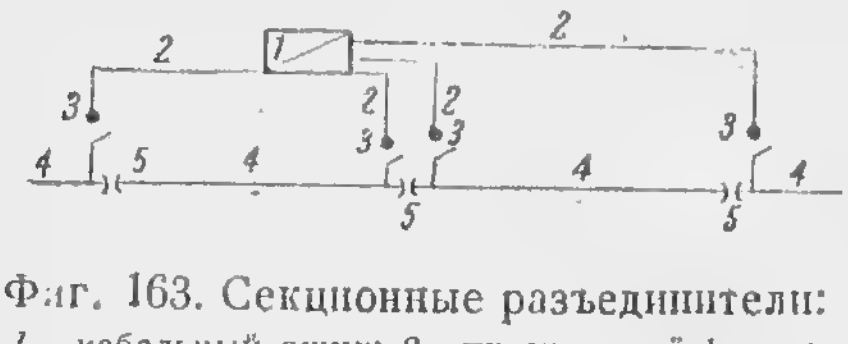
а) чтобы общее суммарное среднее падение напряжения во всей сети в конце участка не превосходило допускаемого падения в 10% от напряжения на шинах подстанции и

б) чтобы падение напряжения в рельсах не превосходило норм, предписываемых правилами защиты подземных трубопроводов и кабелей от коррозии блуждающими токами. В трамвайных сетях производится одностороннее питание каждой секции контактного провода от питательного пункта. Отсасывающие провода приключаются к ходовым рельсам, при чем в рельсовой сети секционирование не устраивается.

Секционирование сети. Вся контактная сеть для соблюдения норм падения напряжения и ограничения времени ликвидации аварий делится на отдельные участки. В точках деления ставятся секционные изоляторы, а в питательных пунктах — секционные разъединители (фиг. 163).

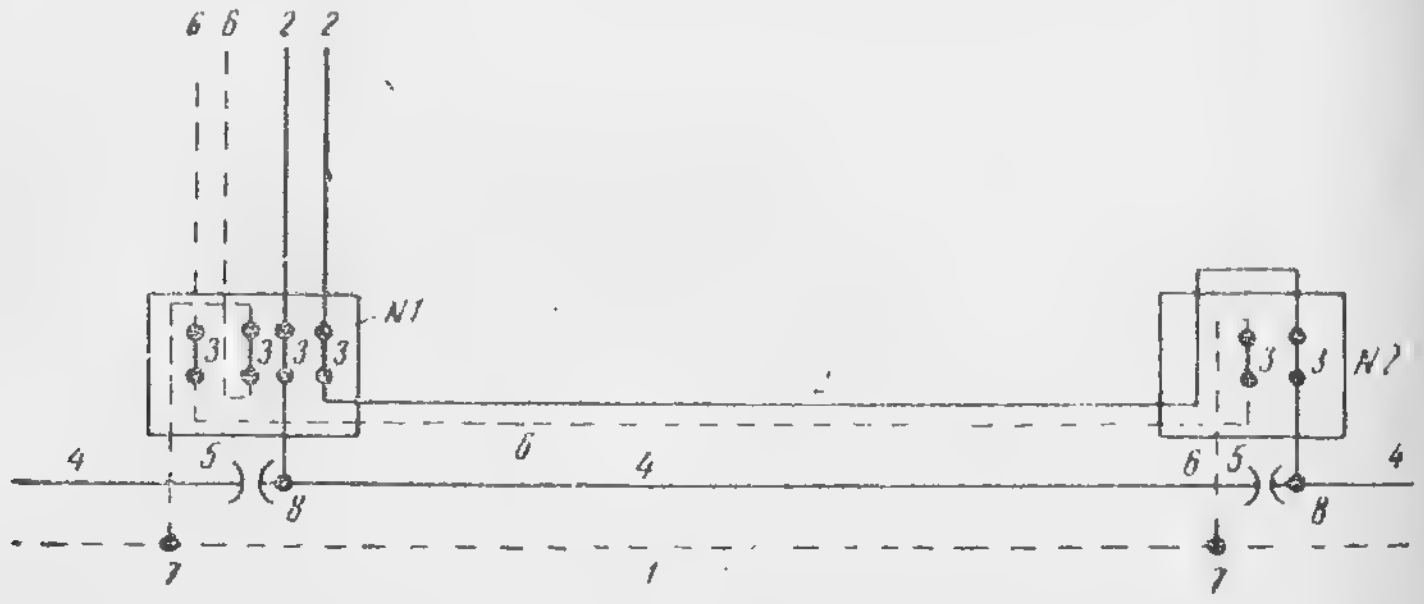
Сечение питающих и отсасывающих фидеров определяется расчетом сети. В основу расчета кладутся допустимые падения напряжения и допустимые

по стандартам ОСТ нагрузки на подземные кабели или воздушные провода. Кроме того, в трамвайных сетях сечение выбирают так, чтобы каждый фидер мог воспринять нагрузку соседнего поврежденного фидера. Для большей надежности в питательных пунктах ставятся кабельные ящики (киоски). В случае повреждения питающего фидера можно переключить в кабельном ящике (киоске) питание контактной сети на отсасывающий кабель (фиг. 164).



Фиг. 163. Секционные разъединители:
1—кабельный ящик; *2*—питательный фидер; *3*—секционный разъединитель; *4*—участок контактного провода; *5*—секционный разъединитель.

Питающие фидеры защищаются от коротких замыканий и перегрузок максимальными автоматами, которые разрывают цепь в 0,1 ÷ 0,15 сек. Кабели на вновь проектируемых



Фиг. 164. Схема кабельного ящика:
№ 1 и № 2—кабельные ящики; *2*—питательный фидер; *3*—разъединитель; *4*—участок контактного провода; *5*—секционный изолятор; *6*—отсасывающий фидер; *7*—место присоединения отсасывающего фидера к рельсам; *8*—место присоединения питающего фидера к контактному проводу.

и строящихся подстанциях защищаются быстродействующими максимальными автоматами, которые разрывают цепь в 0,012 ÷ 0,018 сек.

Отсасывающие фидеры приключаются к отрицательной шине подстанций непосредственно или через регулирующий реостат. Как на питающих, так и на отсасывающих фидерах должны устанавливаться амперметры. В тех случаях, когда отсасывающими фидерами желают пользоваться во время аварии как питающими, на подстанции должны быть соответствующие переключатели.

123. КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ПИТАНИЯ И ОТСАСЫВАНИЯ ТРАМВАЙНЫХ СЕТЕЙ

Воздушные линии для питания и отсасывания применяются редко (в трамвайных предприятиях старой постройки или на отдельных слабо застроенных участках), так как воздушная проводка загромождает улицы и мешает их архитектурному оформлению. Питающие провода укрепляются обычно на фарфоровых колокольного типа изоляторах, стоящих на тех же опорах, к которым подвешиваются контактные провода.

Крепление изоляторов на опорах производится при помощи хомутов со штырями или поперечных траверс (фиг. 165). Воздушные фидерные провода присоединяются к контактному проводу в питающем пункте. При наличии усиливающих проводов присоединение к контактным проводам устраивают в нескольких местах.

Для фидерных и усиливающих проводов могут применяться голые медные, алюминиевые и сталеалюминиевые провода. Допустимые нагрузки приведены в табл. 98 и 99, а основные данные конструкции проводов — в табл. 100, 101 и 102.

В местах присоединения питающего фидера к контактным проводам натягивается поперечный голый медный провод, который соединяется с контактным проводом при помощи коротких дужек из изолированного провода.

Таблица 98

Допустимые нагрузки голых медных проводов на открытом воздухе (при стандартной проводимости меди 96,64%) в амперах

Сечение проводов, мм²	Превышение температуры провода над температурой окружающей среды, °С					
	10	20	30	40	50	60
50	136	189	227	263	290	314
70	167	235	291	329	361	388
95	206	293	354	399	440	484
120	238	339	413	457	513	554
150	279	390	481	543	600	649
185	320	445	547	619	686	744
240	372	521	639	723	803	855
310	438	609	753	852	942	1 023
400	513	713	883	1 005	1 108	1 200
500	580	823	1 014	1 141	1 269	1 374

Таблица 99

Допустимые нагрузки голых алюминиевых проводов на открытом воздухе (при проводимости алюминия, равной 60% от проводимости химически чистой меди) в амперах

Марка провода	Сечение провода, мм²	Превышение температуры провода над температурой окружающей среды, °С					
		10	20	30	40	50	60
А- 70	68,9	124	174	214	241	267	289
А- 95	96,58	161	232	279	315	347	377
А-120	117,00	184	265	319	359	397	430
А-150	151,85	221	310	282	432	480	518
А-185	187,00	250	350	430	486	540	585
А-240	242,71	295	421	507	574	638	677
А-310	295,72	336	465	574	651	719	780
А-400	397,82	402	561	691	781	868	939

Таблица 100

Основные данные голых медных проводов

Сечение провода, мм²	Конструкция		Наружный диаметр провода, мм	Приблизительный вес 1 000 м, кг	Приблизительная длина 1 000 кг, м	Разрушающее усилие, кг
	число проволок	диаметр каждой проволоки, мм				
16	7	1,71	5,15	146,5	6826	607
20	7	1,91	5,75	183,0	5464	760
25	7	2,13	6,40	229,0	4367	962
30	7	2,34	6,75	274,5	3643	1140
35	7	2,52	7,55	321,0	3116	1330
43	7	2,80	8,40	394,0	2538	1660
50	7	3,02	9,06	458,0	2183	1900
60	7	3,30	10,00	550,0	1818	2280
70	19	2,17	10,90	640,0	1563	2660
83	19	2,36	11,80	760,0	1316	3160
95	19	2,52	12,60	870,0	1150	3640
108	19	2,69	13,50	990,0	1010	4100
120	19	2,84	14,20	1100,0	909	4550
135	19	3,01	15,10	1235,0	809	5100
150	19	3,17	15,90	1372,0	729	5700

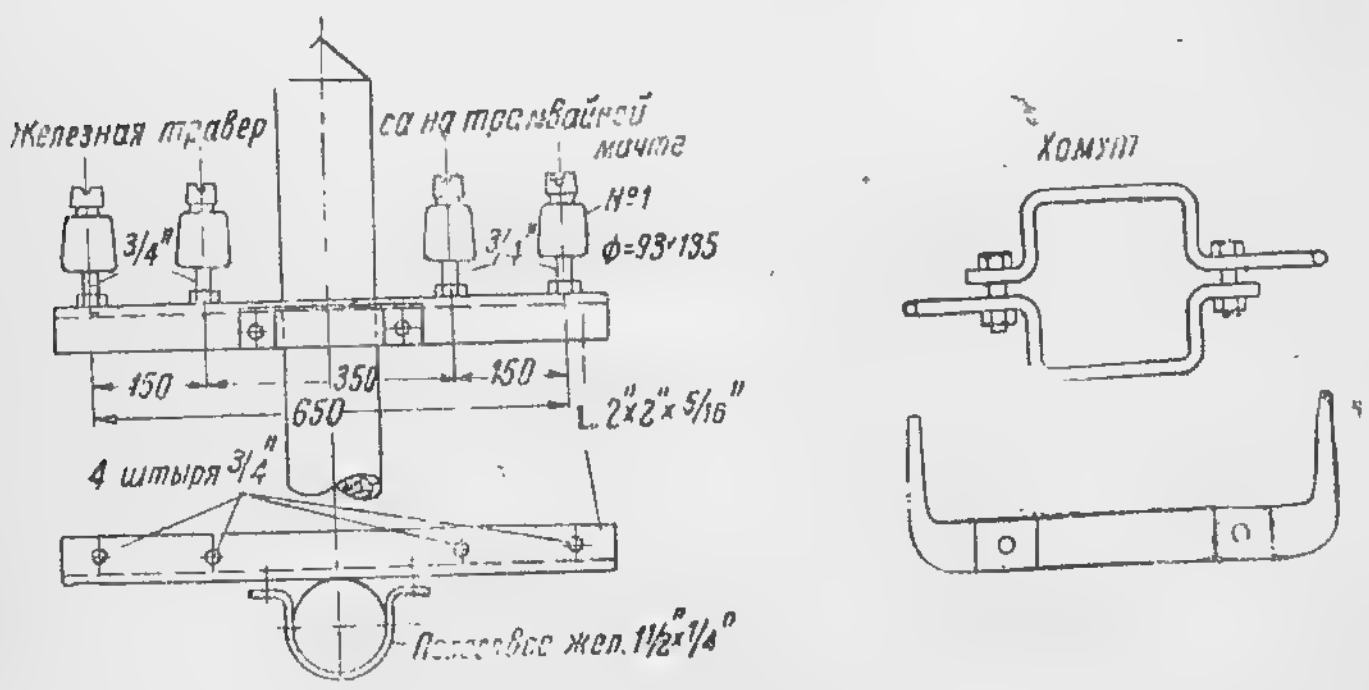
Таблица 101

Основные данные алюминиевых проводов (ОСТ 5363)

Марка провода	Конструкция: число проволок	Конструкция: диаметр каждой проволоки, мм	Теоретическая площадь сечения провода, мм²	Расчетный диаметр провода, мм	Электрическое сопротивление провода, ом/км	Расчетный вес 1000 м провода, кг	Приблизительная строительная длина, м
А- 16	7	1,70	15,89	5,10	1,910	44	6 300
А- 25	7	2,11	24,48	6,30	1,240	68	5 500
А- 35	7	2,50	34,36	7,50	0,885	95	4 500
А- 50	7	3,00	49,48	9,00	0,695	137	3 500
А- 70	7	3,54	68,90	10,60	0,445	190	2 500
А- 95	7	4,19	96,53	12,60	0,315	266	1 750
А-120	19	2,80	117,00	14,00	0,260	323	1 500
А-150	19	3,19	151,85	16,00	0,200	419	1 250
А-185	19	3,54	187,00	17,70	0,160	516	1 000
А-240	37	2,89	242,71	20,30	0,125	672	1 200
А-300	37	3,19	295,72	22,40	0,105	817	1 000
А-400	37	3,70	397,82	25,93	0,080	1 098	800

Примечания:

1. Крутка соседних повивов производится в разные стороны.
2. Приведенные в таблице строительные длины являются ориентировочными и подлежат уточнению в заказе.
3. Электрическое сопротивление дано с учетом укрутки провода (2—3%).



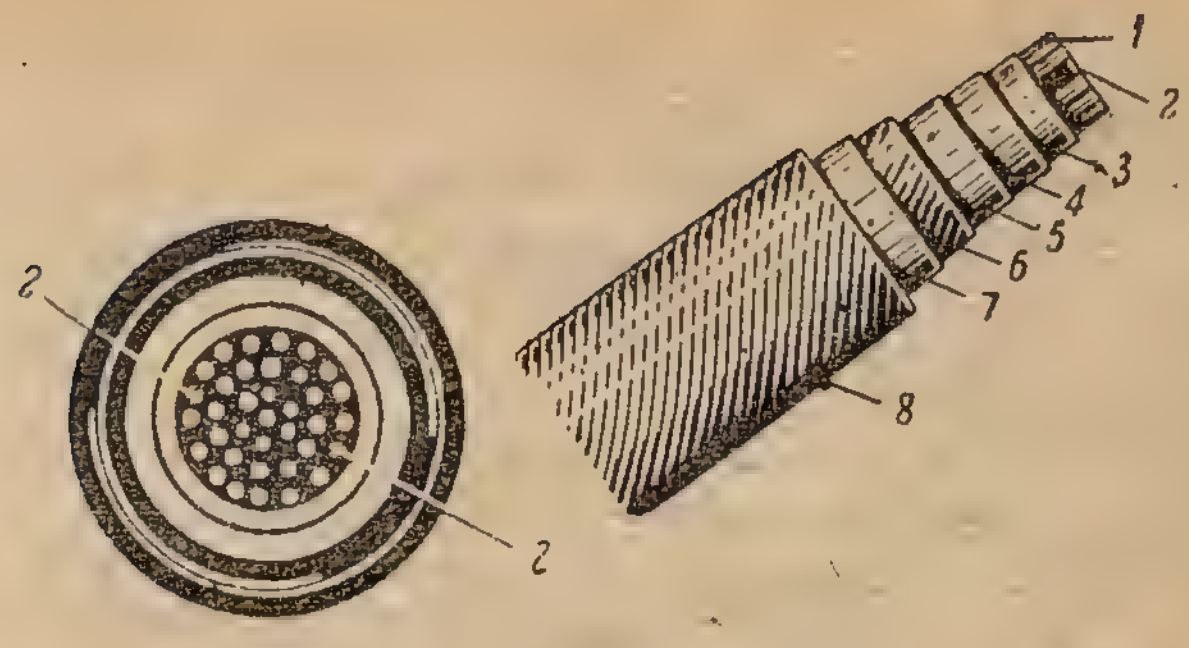
Фиг. 165. Изоляторы на кронштейнах.

Таблица 102

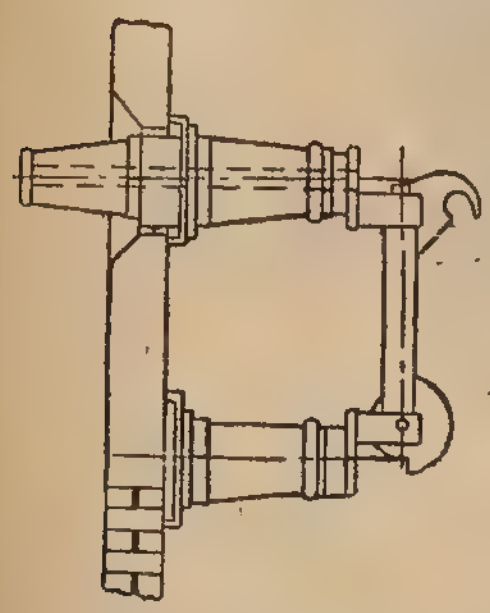
Основные данные конструкции сталеалюминиевых проводов (ОСТ 5363)

Марка провода	Конструкция алюминиевой части провода		Конструкция стальной части провода		Теоретическая площадь сечения, мм²			Отношение сечения алюминия к сечению стали	Расчетный диаметр, мм	Электрическое сопротивление, ом/км	Расчетный вес 1000 м, кг	Приблизительная строительная длина, м
	число проволок	диаметр каждой проволоки, мм	число проволок	диаметр каждой проволоки, мм	алюминия	стали	всего провода					
АС 35/4	6	2,72	3	1,3	34,9	4,0	38,9	8,73	8,25	0,870	128	4500
АС 50/7	6	3,28	7	1,1	50,7	6,7	57,4	7,67	9,85	0,600	193	3000
АС 70/9	6	3,87	7	1,3	70,6	9,3	79,9	7,60	11,65	0,420	269	2000
АС 95/18	28	2,11	7	1,8	97,9	17,8	115,7	5,50	13,85	0,310	431	1400
АС 120/22	28	2,33	7	2,0	119,4	22,0	141,4	5,43	15,30	0,255	504	1400
АС 150,27	28	2,60	7	2,2	148,7	26,6	175,3	5,60	17,00	0,210	623	1000
АС 185,34	28	2,89	7	2,5	183,7	34,4	218,1	5,33	19,10	0,165	781	800
АС 240/43	28	3,28	7	2,8	235,6	43,1	279,7	5,49	21,15	0,130	995	1000
АС 300/56	28	3,70	7	3,2	301,1	54,3	357,4	5,34	24,40	0,100	1258	800
АС 400/72	28	4,19	19	2,2	386,1	72,2	458,3	5,33	27,80	0,080	1637	500

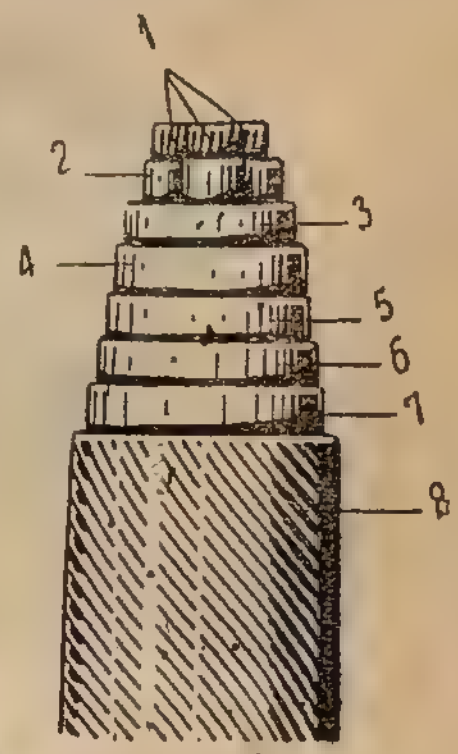
Примечания:
1. Крутка соседних повивов производится в разные стороны.
2. Приведенные в таблице строительные длины являются ориентировочными и подлежат уточнению в заказе.
3. Электрическое сопротивление дано с учетом укрутки (2—3%).
4. Проводимость стали нд учтена.



Фиг. 167. Кабель на 1000 *в*:
1 — медная жила кабеля; *2* — изолированные контрольные жилы; *3* — бумажная изоляция жилы, пропитанная изолирующим составом; *4* — свинцовая оболочка; *5* и *6* — подушки из слоя вязкого компаунда, слоя пропитанной бумаги и слоя пропитанного джута; *7* — броня из двух железных лент; *8* — покровная оболочка из слоя вязкого компаунда, слоя пропитанного джута и слоя мелового раствора.



Фиг. 166. Проходной изолятор с разъединителем.

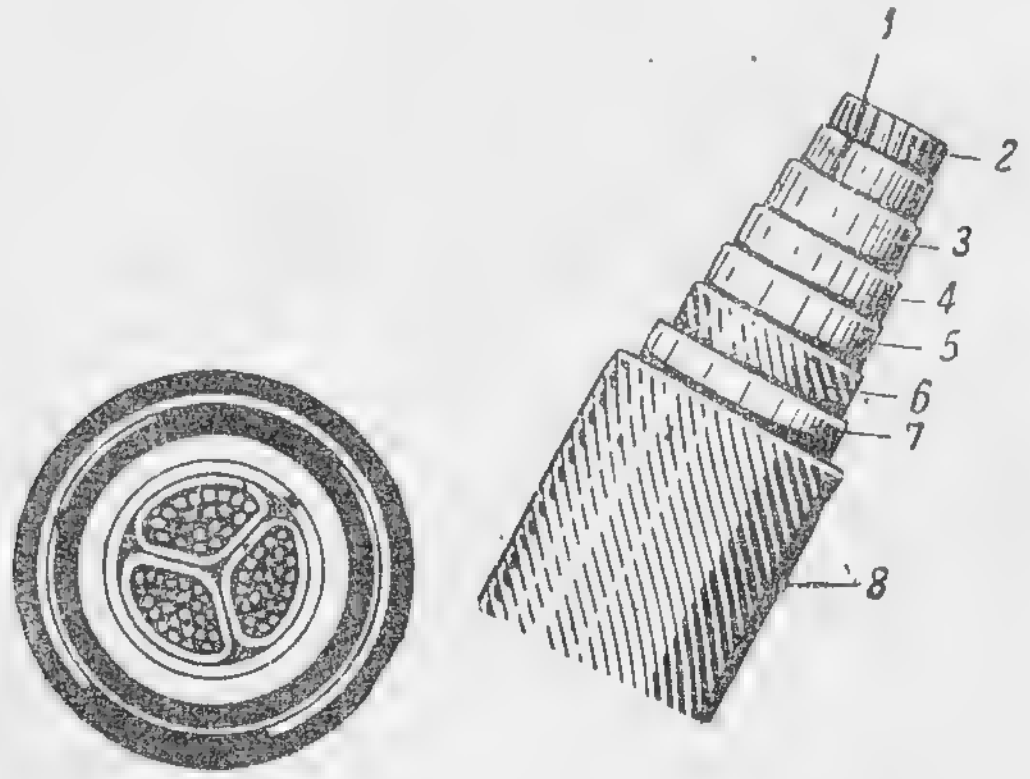


Фиг. 168. Кабель на 10 000 *в*:
1 — круглые медные жилы; *2* — бумажная изоляция жилы, пропитанная изолирующим составом; *3* — общая поясная изоляция, пропитанная изолирующим составом; *4* — свинцовая оболочка; *5* и *6* — подушки из слоя вязкого компаунда, слоя пропитанной бумаги и слоя пропитанного джута; *7* — броня из двух железных лент; *8* — покровная оболочка из слоя вязкого компаунда, слоя пропитанного джута и слоя мелового раствора.

Для сращивания концов питающих фидеров применяется пайка или механическое соединение при помощи особых зажимов с винтами или заклепками.

Ввод питающего фидера в здание подстанции осуществляется через стену с изоляцией эбонитовой трубкой с фарфоровыми втулками по концам, или через специальное окно с постановкой проходного изолятора с разъединителем (фиг. 166).

Кабельные линии при подземной прокладке получили преимущественное распространение как в высоковольтной сети для питания самих подстанций, так и в сети для питающих и отсасывающих фидеров.



Фиг. 169. Кабель на 10 000 в:

1—секторные медные жилы; *2*—бумажная изоляция жилы, пропитанная изолирующим составом; *3*—общая поясная изоляция, пропитанная изолирующим составом; *4*—свинцовая оболочка; *5* и *6*—подушки из слоя вязкого компаунда, слоя пропитанного джута; *7*—броня из двух железных лент; *8*—покровная оболочка из слоя вязкого компаунда, слоя пропитанного джута и слоя мелового раствора.

Трамвайной конференцией 1936 г. рекомендовано применение, как стандарта, кабелей с двумя контрольными жилами. В соответствии с этим к питающим пунктам от подстанций прокладываются одножильные кабели на 1000 в с изоляцией из бумаги, свинца, брони и асфальта, сечением от 150 до 625 мм², с двумя контрольными жилами марки СБ—2к (фиг. 167).

В высоковольтной сети для питания подстанций применяются марки СБ и СБС (фиг. 168 и 169) с круглыми или сегментообразными жилами, с бумажной изоляцией, освинцованные, бронированные и асфальтированные. Кабели рассчитаны на рабочее напряжение от 3 до 10 тыс. в и имеют сечение от 3×25 до 3×150 мм².

Данные подземных кабелей. Сечение питающих и отсасывающих фидеров, смотря по условиям прокладки, выбирают не более 800 мм². Если по расчету необходимо большее сечение, то применяется прокладка двух параллельных кабелей.

Сечение, строительная длина и приблизительный вес 1000 м трехжильных и одножильных кабелей приведены в табл. 103—106.

Таблица 103

Одножильные кабели с бумажной изоляцией на напряжение до 1 кв

Номинальное сечение жилы, мм²	Диаметр со свинцовой оболочкой, мм	Толщина свинцовой обмотки подземного кабеля, мм	Вес свинцовой оболочки подземного кабеля, кг/км	СБ		Строительная длина, м	Номер барабана
				наружный диаметр, мм	вес, кг/км		
16	7,5	1,2	370	17	1020	800	VI
25	9,7	1,2	470	19	1300	800	VI
35	10,9	1,2	520	21	1500	800	VI
50	12,5	1,2	590	23	1760	800	VII
70	14,3	1,3	720	25	2160	800	VII
95	16,1	1,4	880	27	2630	800	VII
120	18,0	1,4	970	29	3020	800	VIII
150	19,6	1,4	1050	32	3600	700	VIII
185	21,8	1,5	1250	35	4270	600	VIII
240	24,2	1,6	1480	37	5100	600	VIII
300	27,2	1,7	1760	41	6150	500	VIII
400	30,6	1,8	2090	44	7520	400	VIII
500	34,0	1,9	2440	48	8970	350	IX
625	37,4	2,0	2820	51	10700	300	X
800	42,2	2,1	3330	57	13100	250	X

Взаимозаменяемость питающих и отсасывающих фидеров достигается применением кабелей для рабочего напряжения 1000 в с одной или двумя контрольными жилами.

По контрольным жилам ведутся различные измерения по определению разности потенциалов в рельсах. Кроме того, контрольные жилы необходимы для измерений при отыскании повреждений в кабелях, а также для присоединения установок с кабельными сигнализаторами,

Таблица 104

Трехжильные кабели с бумажной изоляцией на напряжение 3 кв

Номинальное сечение жилы, мм²	Диаметр со свинцовой оболочкой, мм	Толщина свинцовой оболочки подземного кабеля, мм	Вес свинцовой оболочки подземного кабеля, кг/мм	СБ и СБС		Строительная длина, м	Номер барабана
				наружный диаметр, мм	вес, кг/км		
16	15,5	1,3	780	26	2100	600	VII
25	19,0	1,4	1030	30	2900	550	VII
35	21,0	1,5	1210	34	3500	500	VII
50	23,8	1,6	1450	37	4300	450	VIII
70	26,7	1,7	1730	40	5300	400	VIII
95	29,8	1,7	1920	43	6500	350	VIII
120	32,6	1,8	2220	46	7600	300	VIII
150	36,2	2,0	2740	50	9100	275	VIII
185	39,6	2,0	2930	54	10600	250	VIII
240	44,0	2,2	3640	59	13100	225	IX
300	50,4	2,4	4540	66	16200	200	X

Таблица 105

Трехжильные кабели с бумажной изоляцией на напряжение 6 кв

Номинальное сечение жилы, мм²	Диаметр со свинцовой оболочкой, мм	Толщина свинцовой оболочки подземного кабеля, мм	Вес свинцовой оболочки подземного кабеля, кг/км	СБ		Строительная длина, м	Номер барабана
				наружный диаметр, мм	вес, кг/км		
10	18,7	1,4	1010	29	2500	800	VII
16	20,3	1,5	1170	33	3100	600	VII
25	23,8	1,6	1450	37	3800	550	VIII
35	25,8	1,6	1570	39	4300	500	VIII
50	28,5	1,7	1840	42	5200	450	VIII
70	31,4	1,8	2140	45	6300	400	VIII
95	31,6	1,9	2480	48	7600	350	VIII
120	37,4	2,0	2820	51	8800	300	VIII
150	41,0	2,1	3230	55	10200	275	IX
185	44,3	2,2	3660	60	12100	250	IX
240	48,7	2,3	4190	64	14400	225	X
300	54,1	2,5	5060	70	17300	200	X

Таблица 106

Трехжильные кабели с бумажной изоляцией на напряжение 10 кв

Номинальное сечение жилы, мм²	Диаметр со свинцовой оболочкой, мм	Толщина свинцовой оболочки подземного кабеля, мм	Вес свинцовой оболочки подземного кабеля, кг/км	СБС		Строительная длина, м	Номер барабана
				наружный диаметр, мм	вес, кг/км		
10	23,3	1,6	1430	37	3500	515	VIII
16	25,0	1,6	1520	38	3900	500	VIII
25	28,5	1,7	1840	42	4700	455	VIII
35	30,5	1,8	2080	44	5100	400	VIII
50	33,3	1,9	2400	47	6300	350	VIII
70	36,1	2,0	2730	50	7400	325	IX
95	39,3	2,0	2960	53	8500	300	IX
120	42,1	2,1	3330	57	10000	275	IX
150	45,7	2,2	3780	61	11600	250	X
185	49,0	2,3	4230	65	13300	225	X
240	53,5	2,5	5010	70	15900	200	X
300	58,8	2,6	5720	75	18800	175	X

показывающими начало нарушения целости контрольных жил или их изоляции. Контрольные жилы питающих кабелей можно использовать для присоединения управления автоматическими выводами.

Одна или две контрольные жилы в одножильных кабелях делаются сечением 1 мм². Изоляция по отношению к главным токопроводящим жилам должна быть рассчитана на испытание напряжением, 1,25-кратным от номинального.

Нагрузки на кабели установлены действующими правилами и нормами из расчета максимальной допустимой температуры жилы кабеля 80°, средней температуры почвы 15°, глубины укладки 70 см и при условии прокладки в траншее одного кабеля. Допустимые нагрузки для подземных кабелей, согласно стандарту ОСТ 6260, приведены в табл. 107.

Прокладка в траншее более одного кабеля при расстоянии между кабелями не менее 10 см требует понижения длительно допустимых нагрузок:

число кабелей в траншее:	1	2	3	4	5	6	7	8
допустимая нагрузка в процентах	100	90	85	80	78	75	73	70

Таблица 107

Длительно допустимые нагрузки для подземных одножильных и многожильных кабелей с поясной изоляцией при незаземленной нейтрали в амперах (ОСТ 6260, табл. 9)

Поперечное сечение токопроводящей жилы, мм²	Одножильные кабели на напряжение до 1 *кв*	Двухжильные кабели на напряжение до 1 *кв*	Трехжильные кабели с поясной изоляцией на напряжение			
			до 1 *кв*	до 3 *кв*	до 6 *кв*	до 10 *кв*
	Максимальная допустимая температура жилы каболя [1]					
	80°	80°	80°	80°	75°	70°
16	175	140	120	112	109	102
25	235	185	160	155	142	130
35	285	220	190	175	170	160
50	357	268	235	215	210	190
70	440	327	287	280	260	230
95	520	380	340	330	315	285
120	595	435	387	380	360	330
150	675	498	435	430	415	375
185	755	555	490	485	470	425
240	880	630	570	565	545	490
300	1000	—	650	645	625	586
400	1220	—	800	790	770	—
500	1400	—	—	—	—	—
625	1525	—	—	—	—	—
800	1700	—	—	—	—	—

Таблица 108

Поправка на температуру воздуха

Для кабелей, работающих при температуре жилы	Значение поправочного коэффициента при температуре воздуха					
	15°	20°	25°	30°	35°	40°
80°	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
75°	1	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76
70°	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
60°	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
50°	1	0,93	0,85	0,76	0,66	0,64

[1] Согласно § 116 „Правил технической эксплоатации электроустановок промышленных предприятий“, издания 1947 г., обязательных для промышленных предприятий всех министерств и ведомств, допускаются следующие длительные температуры жил кабелей:

номинальное напряжение в кв	допустимая рабочая температура жил в °С
до 3	80
до 6	65
до 10	60
25 и 35	50

Примечание редактора.

Таблица 109—110

Поправка на температуру почвы и воды

Для кабелей, работающих при максимальной температуре жилы	Значение поправочного коэффициента при температуре почвы и воды						
	20°	17,5°	15°	12,5°	10°	7,5°	5°
80°	0,96	0,98	1	1,02	1,04	1,06	1,08
75°	0,96	0,98	1	1,02	1,04	1,06	1,08
70°	0,95	0,97	1	1,02	1,05	1,07	1,09
60°	0,94	0,97	1	1,03	1,06	1,08	1,10
50°	0,93	0,96	1	1,03	1,07	1,10	1,14

При прокладке кабелей в каменистых или сухих песчаных почвах, в трубах (как в воздухе, так и в земле), в галлереях, на открытом воздухе, внутри зданий по стенам или в каналах нагрузки должны быть понижены до 75% от величин, приведенных в табл. 107.

Понижение нагрузок до 75% допустимо только при температуре окружающей кабель среды не выше 15°. При температуре выше 15° применяется искусственное улучшение условий охлаждения кабеля или производится дальнейшее понижение нагрузок в соответствии с коэффициентами табл. 108 и 109—110.

При периодической (с перерывами) работе кабеля допустимо повышение его нагрузки сверх указанной в табл. 107 величины при условии, что установленное максимальное повышение температуры кабеля не будет превзойдено.

124. ИСПЫТАНИЯ И ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЕЙ

После прокладки кабель должен выдержать испытание переменным током частотой 50 герц или постоянным (выпрямленным) током. Хорошее состояние одножильного кабеля на рабочее напряжение 1000 в характеризуется утечкой менее 1 ма. На трамвайной конференции 1936 г. приняты следующие технические нормы для испытания фидеров:

1) обязательное испытание всех питающих фидеров должно производиться постоянным током напряжением

в первый раз 3000 в, в последующие разы 4000 в. Испытания следует производить не реже двух раз в год;

2) норма утечки 0,3 ма на 1 км кабеля при напряжении 4000 в.

Примечание. В случаях переключения питающих фидеров на отсасывающие, они должны подвергаться испытаниям наравне с питающими. [1]

Диэлектрические свойства изолирующего слоя в подземных кабелях характеризуются емкостью и самоиндукцией, зависящими от конструкции кабеля и температуры измерения. Значительной величины диэлектрические потери достигают только в высоковольтных (свыше 12 тыс. в) кабелях. Поэтому такие измерения в трамвайных сетях не производят.

Причины пробоя изоляции. Наиболее частыми случаями пробоя изоляции являются механические повреждения оболочек кабеля при раскопках. Дефекты монтажа муфт и повреждения, нанесенные кабелю при несоблюдении правил прокладки, также могут повлечь пробой изоляции. Пробой изоляции кабеля наступает в поврежденных местах от перенапряжения при коротких замыканиях в сети или от проникновения сырости внутрь кабеля.

Причинами пробоя изоляции являются также заводские дефекты кабеля, которые не всегда могут быть установлены и устранены при приемке.

125. ОТСАСЫВАЮЩИЕ СЕТИ

В общепринятых системах питания в трамвайных сетях в качестве обратного провода используется рельсовый

---

[1] Согласно § 137 «ПТЭ электроустановок промышленных предприятий», издания 1947 г., величина испытательного напряжения устанавливается равной:

для кабелей 2—10 кв — четырех-пятикратному значению номинального линейного напряжения;

для кабелей 20—35 кв; в сетях с незаземленной нейтралью — трехкратному значению номинального линейного напряжения, в сетях с заземленной нейтралью — 2,5-кратному значению номинального линейного напряжения.

В сетях (2—10 кв), где кабели не испытывались, профилактические испытания повышенным напряжением следует начинать с приложения выпрямленного напряжения, равного 3,3 номинального линейного напряжения, постепенно повышая его при последующих испытаниях для четырех-пятикратного значения. Длительность приложения испытательного напряжения — 10 минут на каждой фазе.

Примечание редактора.

В отсасывающих пунктах к рельсам присоединяются изолированные провода или кабели, идущие к отрицательным шинам подстанций.

Шина, к которой присоединяются обратные фидеры, не должна иметь на станции или подстанции заземления.

Переходное сопротивление рельсового пути в одну колею на деревянных шпалах с засыпкой до подошвы рельса балластом дает величину от 2 до 3 ом на 1 км, а для рельсов, уложенных в грунте, — около 0,1 ом на 1 км. При таких условиях значительная часть тока может пройти не по рельсам, а через почву и находящиеся в ней подземные металлические сооружения. Такие ответвленные токи получили название «блуждающих».

Сопротивление рельсового пути состоит из сопротивления целого рельса и сопротивления стыков. В расчетах удобнее исходить не из сечения рельса, а из веса одного пог. метра. Сопротивление одиночного рельсового пути R_n выражается формулой:

$$R_n = \frac{L d_r \cdot \rho_r}{2 \cdot g \cdot 1000},$$

где: d_r — удельный вес (7,89);

ρ_r — сопротивление материала рельсов в ом/мм² (0,15—0,25, в среднем около 0,18);

g — вес 1 пог. м в кг;

L — длина в м.

Стыки рельсов. Сопротивление линии рельсов увеличивается благодаря наличию стыков. Это увеличение не должно быть больше 20% сопротивления рельсов той же длины и того же сечения. Сопротивление каждого стыка не должно превосходить сопротивления 2,5 м сплошного рельса. Сопротивление каждого стыкового соединения можно принимать около $1{,}1 \times 10^4$ ом.

Для удовлетворения этих условий необходима сварка рельсовых стыков, а также устройство приваренных соединителей на температурных стыках и специальных путевых частях.

Способы уменьшения сопротивления рельсового пути. Электрические стыковые соединители, приваренные к рельсам, изготовляются из медной проволоки или пластины сечением не менее 70 мм², а также из железа или биметалла с соответственным эквивалент-

ным сечением и поверхностью контакта в местах приварки к рельсам не менее 500 мм².

Электрические рельсовые соединители ставятся на каждом стыке нитки рельсового пути, в том числе на стыках между рельсом и крестовиной или стрелкой (за исключением сваренных стыков).

Рельсовые нитки должны соединяться междурельсовыми соединителями из медной проволоки сечением не менее 35 мм² или из железа с эквивалентным сечением. Такие соединители должны ставиться:

а) через 150 м между обеими нитками одного пути;

б) через 300 м между всеми нитками путей данной линии;

в) по обе стороны стрелок и крестовин.

Рельсы, расположенные с обеих сторон крестовин и стрелок, должны быть связаны обходными электрическими медными рельсовыми соединителями сечением 70 мм² или железными с эквивалентным сечением.

На разводных мостах и других подобных сооружениях, прерывающих рельсовые пути, электрическое соединение рельсов должно быть обеспечено при помощи особых изолированных проводов, соединяющих разрываемые части пути как во время их разрыва, так и при сомкнутом состоянии. При этом падение напряжения при средней нагрузке во время разводки пути не должно превышать 10 мв (0,010 в) на 1 м шунтируемого пути.

Примечание. Такая шунтировка не обязательна, если на мосту имеется раздел питания между двумя отдельными станциями или подстанциями. Предел сопротивления стыка все же должен быть не больше сопротивления 4,5 м сплошного рельса.

126. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЭЛЕКТРОЛИЗОМ

Меры, принимаемые на линиях электрических железных дорог для уменьшения действия блуждающих токов, регламентированы «Правилами защиты подземных металлических трубопроводов и кабелей от действия блуждающих токов». В настоящее время пользуются правилами, утвержденными Народным коммисариатом коммунального хозяйства РСФСР («Правила защиты подземных металлических сооружений от коррозии блуждающими токами», изд. 1940 г.).

Меры защиты, применяемые на трамвайных установках. При составлении проекта постройки новой трамвайной сети или переустройстве существующей сети должны быть выдержаны нормы допустимого падения напряжения между двумя любыми точками рельсовой линии.

Проводимость рельсовых линий должна быть всемерно увеличена за счет снижения сопротивления рельсовых стыков.

Для повышения переходного сопротивления между рельсами и землей рекомендуется:

а) прокладывать пути на собственном полотне;

б) при путях, уложенных в уровень с поверхностью дороги и землей, применять: 1) отвод воды с поверхности пути и от его основания, 2) шпалы, пропитанные креозотом.

На металлических и железобетонных мостах рельсы нужно укладывать изолированно от ферм моста или арматуры железобетона.

Рельсы не должны иметь непосредственных касаний с металлическими подземными канализациями. Не допускается также глухое соединение с рельсами металлических опор контактной сети.

Для снижения опасности коррозии подземных трубопроводов и кабелей можно производить периодическую перемену полярности контактного провода. Для этого можно применить трехпроводную систему питания трамвайной сети при условии строгого выполнения норм, предписываемых правилами. В этом случае коррозия распространяется на всю сеть каждой подземной канализации. Применение каких-либо дополнительных мер защиты на этих канализациях значительно осложняется.

127. КОНТРОЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

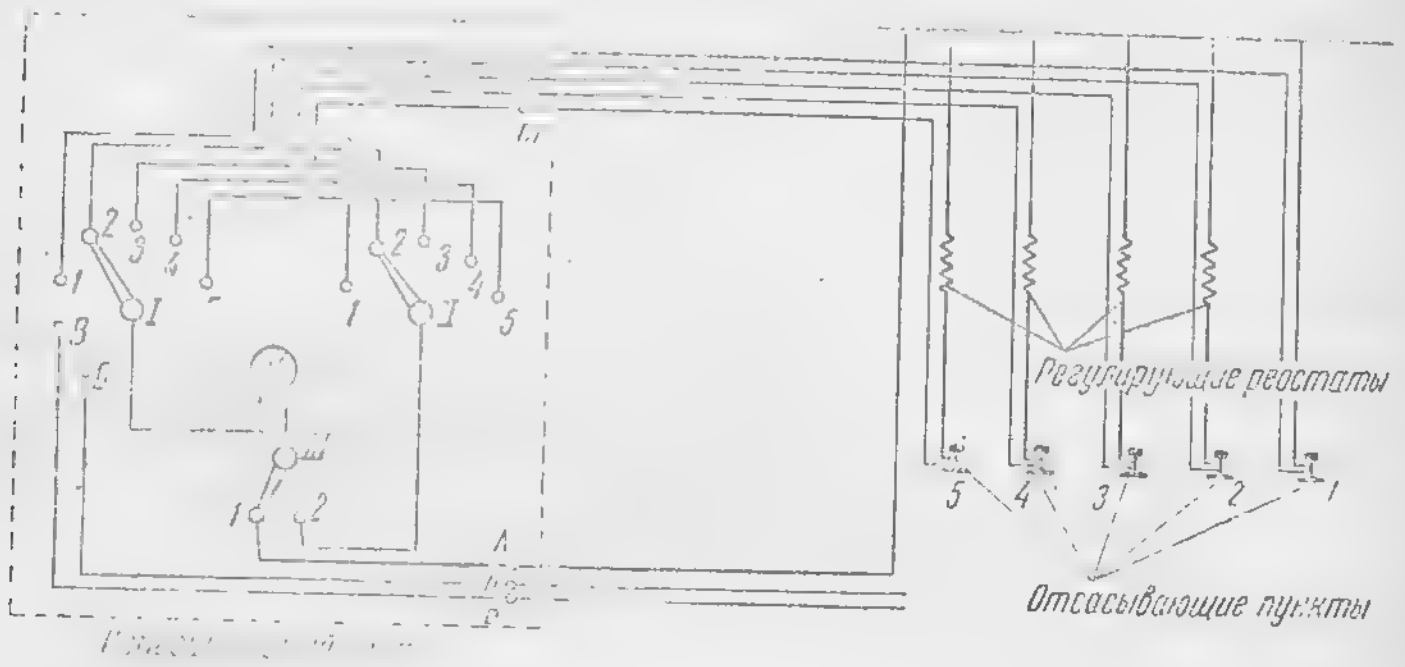
Измерение разности потенциалов производится при помощи системы измерительных проводников на специально смонтированном измерительном щите (фиг. 170).

При подземной кабельной сети для измерительных проводников используются контрольные жилы обратных кабелей. При воздушной проводке сеть измерительных проводников подвешивается на хомутах или кронштейнах.

Контрольные провода присоединяются в кабельном ящике к концу обратного кабеля или непосредственно

к рельсу. Другие концы измерительных проводников подводятся к коммутатору на измерительном щите. Щит позволяет поочередно присоединять измерительные проводники к вольтметру большого сопротивления (500—1000 ом на 1 в шкалы) с достаточными пределами от 0 в обе стороны и измерять разность потенциалов между указанными на фиг. 170 точками отсасывания.

Если сеть обслуживается несколькими подстанциями, то каждая из них имеет свою сеть контрольных проводов своего района питания. Кроме того, все подстанции связываются измерительными проводниками. Это дает возможность привести потенциалы к одной общей точке для всей рельсовой сети.



Фиг. 170. Щит для измерения разности потенциалов.

Потенциалы отсасывающих пунктов измеряются относительно непосредственного отсасывающего пункта.

Разность потенциалов между различными точками отсасывания должна контролироваться не реже двух раз в месяц на каждой подстанции в продолжение трех часов пиковой нагрузки. Показания вольтметра следует отмечать через каждые 5 мин. на всех пунктах отсасывания.

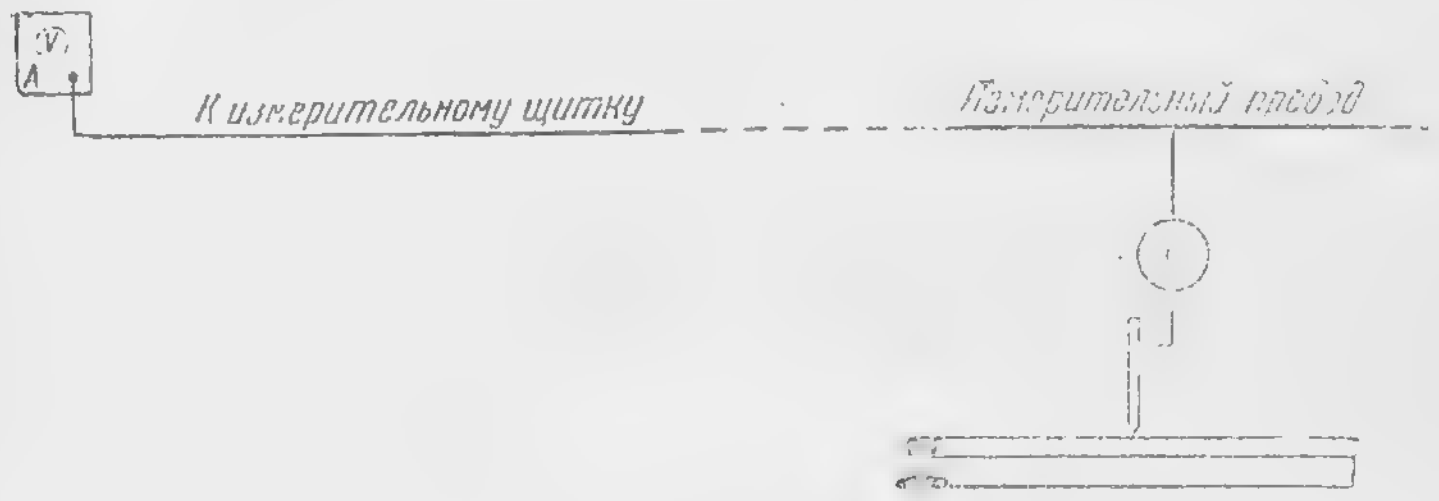
За определенный период (например, за месяц) подсчитываются средние величины, которые затем наносятся на план сети в виде диаграмм.

Измерение потенциала в рельсах. При отклонениях разности потенциалов от нормальных величин и расчетных данных на отдельных участках вдоль линии подвешивают временные контрольные провода. Измерение потенциалов рельсового пути производится либо относительно рельса в точке присоединения отсасываю-

щего кабеля, либо относительно отрицательной шины подстанции через измерительный щит. Вольтметр включается в цепь непосредственно у места измерения, согласно схеме соединений, показанной на фиг. 171.

Расстояние между точками измерения берется от 100 до 200 м, в зависимости от нагрузки на данном участке пути.

К отдельным, наиболее важным точкам рельсовой сети, например, к токоразделам и концам вылетных линий, могут быть подведены от измерительного щита подстанции постоянные контрольные линии. В этом случае потенциалы этих точек замеряются одновременно с потенциалами отсасывающих пунктов.



Фиг. 171. Схема измерения разности потенциалов.

Измерение нагрузок на отсасывающих кабелях и регулировка реостатов. Не реже раза в месяц должна производиться запись показаний амперметров на подстанциях с одновременной регулировкой реостатов для выравнивания разности потенциалов между различными точками отсасывания данной подстанции. Регулировка считается достигнутой, если средняя величина разности потенциалов в продолжение трех часов пиковой нагрузки между каждой точкой отсасывания и одной из них, взятой за точку сравнения, не превышает $\pm 0{,}5$ в.

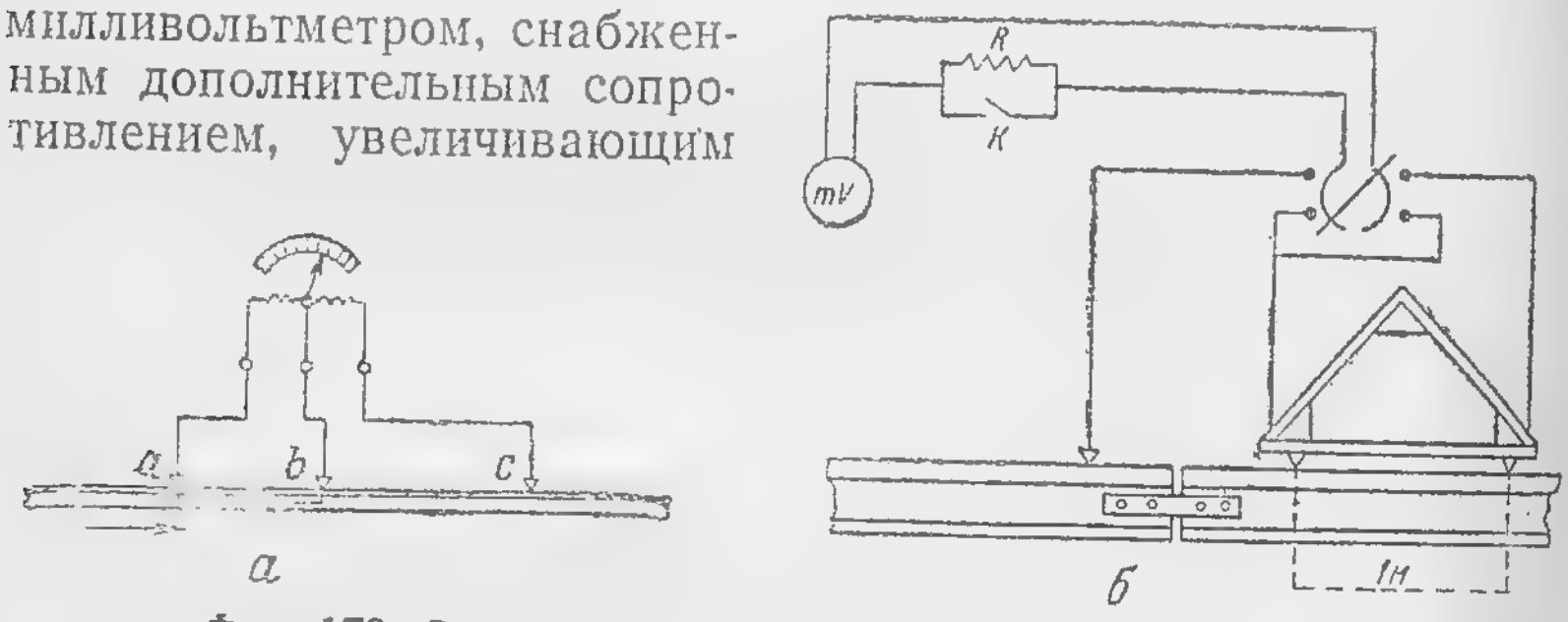
Не реже раза в месяц должно производиться также измерение разности потенциалов между любыми двумя отсасывающими пунктами всей сети (разных подстанций) для выравнивания разности потенциалов между ними. Это достигается путем изменения их нагрузки с таким расчетом, чтобы разность потенциалов между любыми двумя точками рельсовой сети не выходила из предписываемых правилами норм.

Измерение сопротивления стыков. Сила блуждающих токов, ответвляющихся с рельсов в землю, в значительной мере зависит от сопротивления рельсовых стыков и рельсовых соединителей. Поэтому необходимо тщательно наблюдать за их исправным состоянием, проверять не реже четырех раз в год сопротивление стыков и срочно ремонтировать неисправные стыки.

Измерение производится особыми приборами с дифференциальным гальванометром. Схема прибора показана на фиг. 172, а. Он действует от силы тока, проходящего по рельсовой нитке в нормальных условиях. Сопротивление в таком приборе дается непосредственно в метрах сплошного рельса.

При постановке стыковых соединителей хорошо выполненные стыки дают сопротивление от 1,2 до 1,5 м сплошного рельса. Стыки, дающие сопротивление выше сопротивления 3 м рельса, подлежат исправлению.

Измерение сопротивления рельсового стыка может производиться также обычным милливольтметром, снабженным дополнительным сопротивлением, увеличивающим



Фиг. 172. Схема измерения сопротивления стыков.

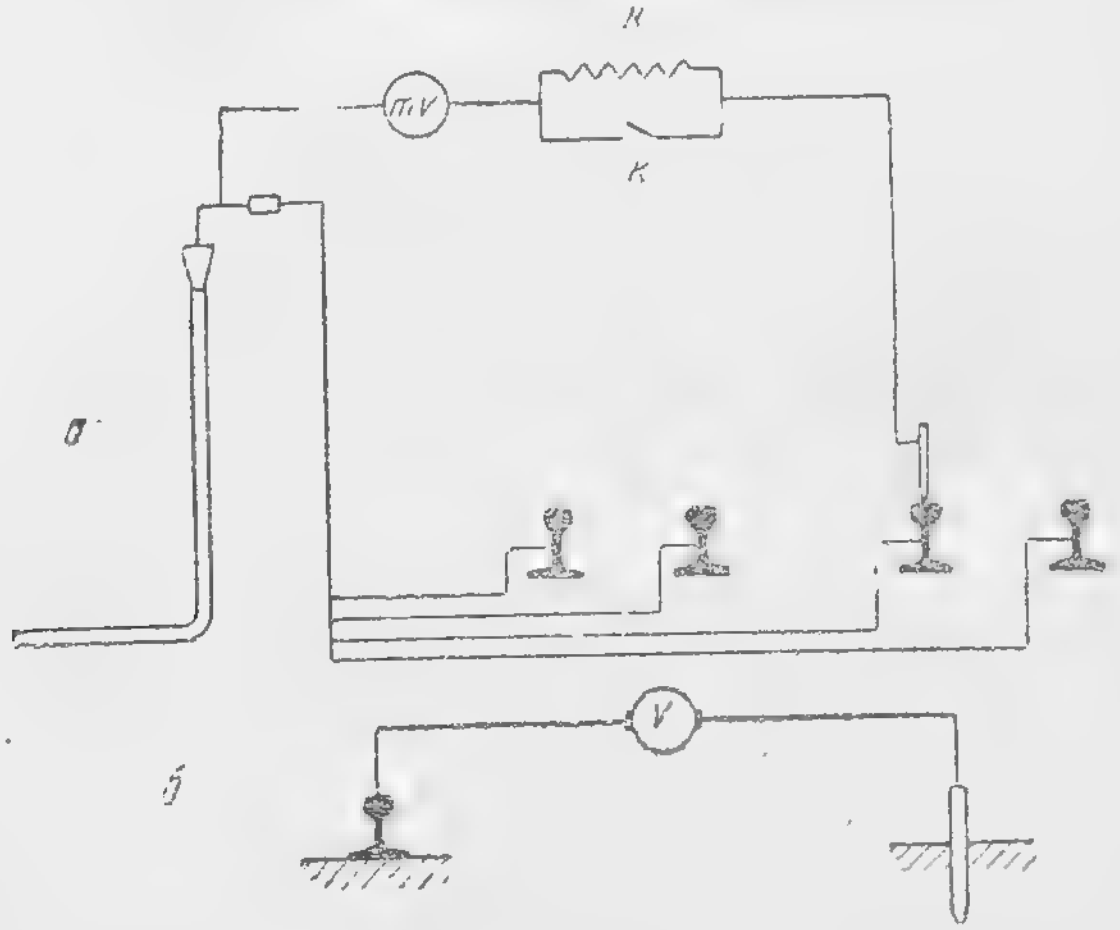
пределы его измерения 1 ÷ 2 в. Это необходимо для защиты прибора от повреждения в случаях, когда сопротивление стыка ненормально велико и вследствие этого падение напряжения на стыке оказывается слишком большим.

При измерении сопротивления стыка милливольтметр приключается по схеме фиг. 172,б через переключатель к стыку и целому куску рельса длиной 1 м. Контакт *K* при этом должен быть разомкнут. Если прибор дает заметные отклонения, превышающие 0,1 в, дальнейшее измерение может не производиться, и стык должен быть отнесен к разряду негодных по проводимости. При меньших показаниях прибора замыканием контакта *K* шунтируется допол-

нительное сопротивление R и прибор получает бо́льшую чувствительность. Шкала прибора в этом случае должна допускать измерения до 100 мв.

Величина сопротивления стыка, выраженная в метрах сплошного рельса, определится как частное от деления падения напряжения в стыке на падение напряжения в 1 м сплошного рельса.

Измерение сопротивления междурельсовых и междупутевых соединений. Не реже двух раз в год следует проверять состояние междурельсовых и междупутевых соединителей путем измерения разности потенциалов между нитками рельсового пути.



Фиг. 173. Схема измерения разности потенциалов.

Измерение разности потенциалов может быть произведено вольтметром с добавочным сопротивлением по схеме, изображенной на фиг. 173,б. Предварительно измерение делается при разомкнутом контакте K. Если показание вольтметра не превосходит $0{,}1 \div 0{,}2$ в, то соединение можно считать удовлетворительным. При бо́льших показаниях необходимо вскрыть соединитель и проверить его целость, обращая особое внимание на состояние контакта между соединителем и рельсами. Если стрелка прибора не дает отклонений, можно зашунтировать дополнительное сопротивление замыканием контакта K. Отсутствие отклонения стрелки в этом случае будет свидетельствовать об отсутствии тока в рельсах, что может быть вызвано наличием лопнувших стыков с обеих сторон от обследуемой точки.

Испытание состояния контактов отсасывающего пункта. Проверка проводимости контактов отсасывающего пункта производится путем измерения разности потенциалов между рельсовым путем и концом отсасывающего кабеля в пункте его присоединения к проводникам, идущим от рельсов. Схема измерения приведена на фиг. 173,а.

Для предохранения милливольтметра от повреждения, которое может произойти при неудовлетворительном состоянии контактов отсасывающего пункта, последовательно с милливольтметром включается дополнительное сопротивление R для увеличения предела измерения милливольтметром до нескольких вольт.

Если отклонение стрелки прибора незначительно, то нажатием кнопки K шунтируется добавочное сопротивление и производится более точное измерение.

При нормальном состоянии контактов отсасывающего пункта показания милливольтметра не должны превосходить 300÷400 мв.

Испытание производится раз в месяц. При испытании состояния проводимости контактов отсасывающего пункта следует обязательно проверять также состояние поперечных соединителей вблизи отсасывающего пункта.

Измерение потенциалов рельсового пути относительно земли. Измерение производится между каждой ниткой пути и землей, после чего находится средняя величина. Если разности потенциалов между нитками пути не превосходят 10% от разности потенциалов между рельсами и землей, то можно ограничиться измерением только относительно какой-либо одной нитки.

Для измерения потенциала рельсового пути необходимо пользоваться вольтметром, имеющим сопротивление не меньше 1000 ом на 1 в шкалы.

В качестве электрода применяется стальной заостренный стержень, имеющий зажим для присоединения измерительного провода. Электрод должен иметь длину, достаточную для забивки его на глубину 30÷40 см.

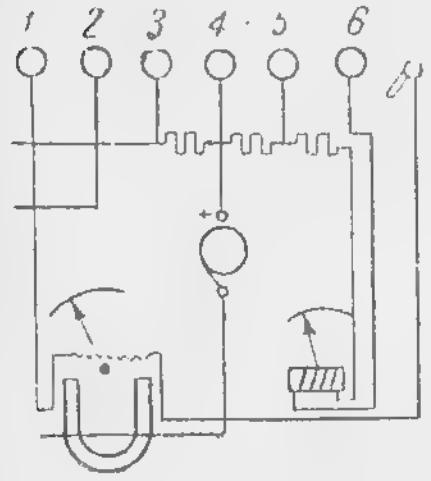
Заземляющий электрод устанавливается на расстоянии 10÷15 м от рельсового пути.

Схема соединения приведена на фиг. 173,б.

Расстояние между точками измерений берется 70÷100 м.

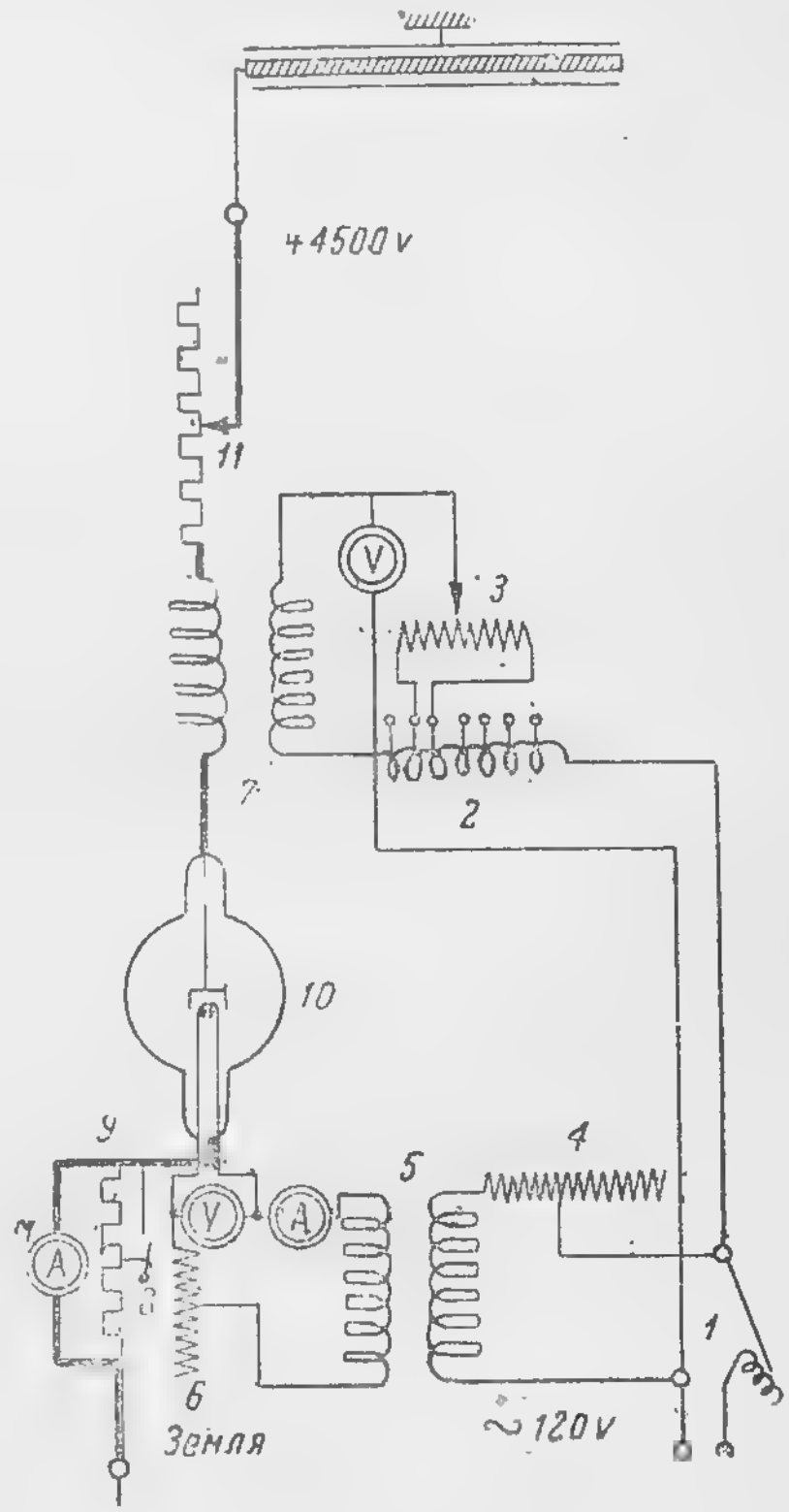
Измерение потенциалов рельсового пути относительно земли производится раз в год по возможности в часы пиковых нагрузок.

Заводские испытания кабелей производятся по нормам ВЭС. К актам приемки кабелей должны прикладываться заводские данные о сопротивлении изоляции жил кабеля.



Фиг. 174. Измеритель изоляции.

Испытания после прокладки. Омическое сопротивление изоляции уложенного кабеля должно быть при 15° С не ниже 15 мегом на 1 км кабеля любого сечения. Проверку изоляции при ведении монтажа удобнее всего производить измерителями изоляции — мегерами, которые обычно имеют свой источник тока — магнито-электрическую машину. Такие приборы иногда называют «индукторами». Схема прибора, работающего по принципу перекрещивающихся катушек, приведена на фиг. 174. Этот прибор позволяет измерять как большие сопротивления в мегомах, так и небольшие в омах. В первом случае сеть включается между клеммами *1* и *3*,

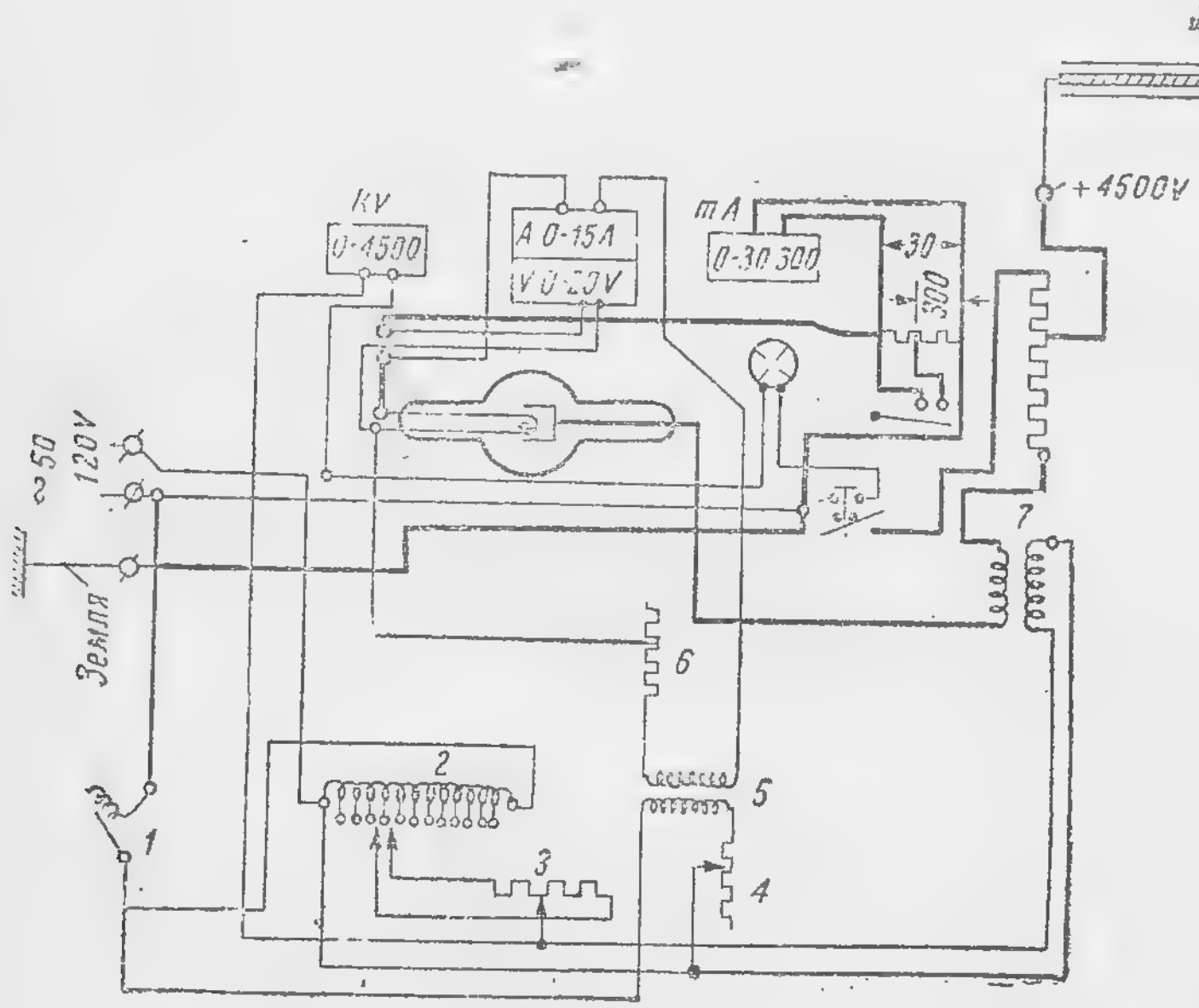


Фиг. 175. Схема измерения изоляции сети:

1—автомат; *2*—автотрансформатор; *3*—реостат плавной регулировки повышающего трансформатора; *4*—реостат регулировки напряжения накала; *5*—трансформатор накала; *6*—реостат регулировки тока накала; *7*—повышающий трансформатор; *8*—рубильник для заземления установки; *9*—шунт миллиамперметра; *10*—кенотронная лампа; *11*—защитное сопротивление.

а правая скоба замыкает клемму *6*. При этом смонтированный в одном ящике с прибором вольтметр показывает развиваемое индуктором напряжение.

При измерении малых сопротивлений сеть включается между клеммами *2* и *3*, а обе скобы замыкают клеммы *1* и *6*. Можно также пользоваться только вольтметром с двумя пределами напряжения, включая его между зажимами *4* и *6* или *5* и *6*. Такой мегометр имеет три модели: на 250, 500 и 1000 в.



Фиг. 176. Схема измерения изоляции сети:

1—автомат; *2*—автотрансформатор; *3*—реостат плавной регулировки повышающего трансформатора; *4*—реостат регулировки напряжения накала; *5*—трансформатор накала; *6*—реостат регулировки тока накала; *7*—повышающий трансформатор.

Для измерения изоляции сетей, не находящихся под напряжением, удобнее всего пользоваться меггерами или мегометрами. Применяется также метод сравнения отклонений, осуществляемый во многих кабельных измерительных ящиках разных систем.

Измерение изоляции сетей под напряжением может производиться различными методами. Наиболее распространенными в настоящее время являются

методы Пику-Фриша и Фрелиха. Измерительным прибором служит 10-омный точный милливольтметр С и Г с набором шунтов и добавочных сопротивлений до 30 а и 750 в.

Наиболее удобным контролем за исправностью изоляции сетей является испытание высоким напряжением постоянного тока от кенотронной установки и наблюдение за появляющейся при этом утечке тока на отдельных участках сети или фидерах.

Принципиальная и монтажная схемы такой кенотронной установки, применяющейся в кабельной сети московского трамвая, приведены на фиг. 175 и 176.

Постановлением Трамвайной конференции для фидеров, рассчитанных на напряжение 1000 в, установлена норма утечки 0,3 ма на 1 км кабеля при напряжении 4000 в.

Как показал опыт испытания фидеров на московском трамвае, утечка на вполне исправных фидерах для напряжения 1000 в длиной 1÷3 км должна быть не более 0,1 ма при испытании в продолжении 5 мин. при напряжении 4000 в; это соответствует изоляции порядка 40 мгом. При утечке более 0,2 ма, в особенности происходящей толчками, изоляция кабеля ненадежна.

129. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЕЙ

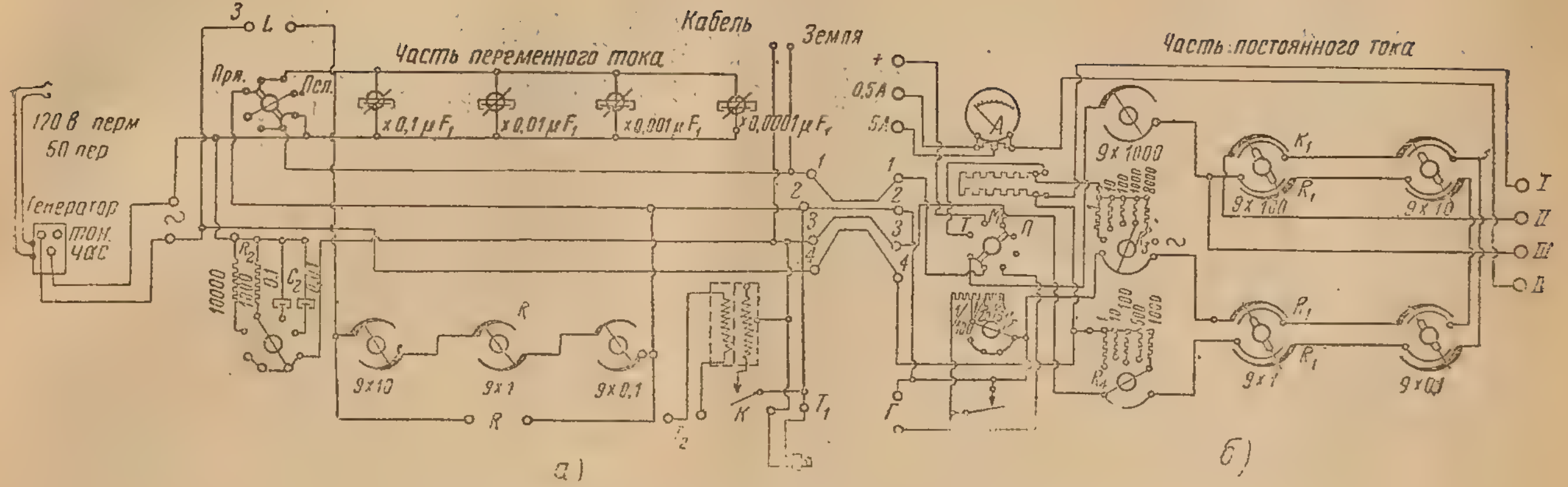
Для определения мест повреждений в однофазных трамвайных кабелях рекомендуется метод измерения универсальным мостиком типа ВЭИ, применяемый на московском трамвае.

Мостиком осуществляются четыре схемы измерений: 1) мостик Томсона, 2) мостик Уитсона (петля Муррея), 3) емкостный мостик и 4) мостик Оуэна для измерения самоиндукции.

Две первые схемы являются мостиками постоянного тока, получающими питание от аккумуляторной батареи. Третья и четвертая схемы представляют собой мостики переменного тока, питаемые от источника переменного тока тональной частоты, для чего служит специальный ламповый генератор.

Применение при измерении того или другого метода зависит от характера повреждения, выясняемого предварительным обследованием.

Наблюдающиеся в кабеле повреждения могут быть разделены на следующие группы:



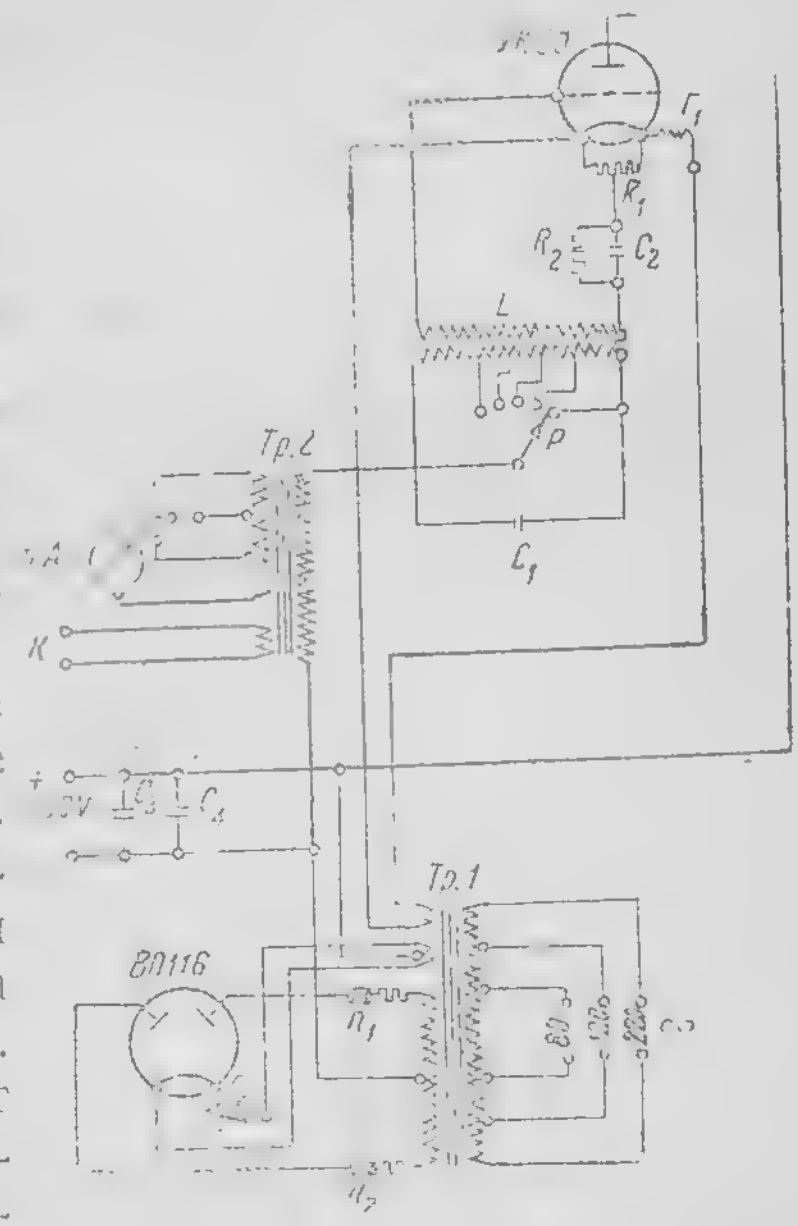
Фиг. 177. Схема установки для испытания кабеля.

Характер повреждения	Метод определения места повреждения
А. Повреждения без обрыва жил	
1. Заземление жил при наличии здоровых жил и малом сопротивлении заземления	Мостик Томсона или петля Муррея
2. Трехфазное заземление всех жил	Мостик Томсона с предварительным прожиганием
3. Заземление жилы на большое переходное сопротивление	Мостик Томсона с предварительным прожиганием. Петля Муррея с питанием от кенотрона высокого напряжения
4. Трехфазное короткое замыкание между жилами	Мостик Томсона или мостик Оуэна
Б. Повреждения с обрывом жил	
Чистый обрыв или обрыв с одновременным заземлением на сопротивление более 500 м	Емкостный мостик

Универсальный кабельный мостик ВЭИ приспособлен для измерений одножильных кабелей с двумя контрольными жилами; он состоит из двух частей: части постоянного тока (фиг. 177,а) и части переменного тока (фиг. 177,б).

Ламповый генератор тональной частоты показан на фиг. 178.

Хорошие результаты дает мостик Томсона при измерении малых переходных сопротивлений на землю (менее 100 ом). Предварительно определяется сопротивление контрольной жилы по схеме фиг. 179,а, затем при наличии двух здоровых контрольных жил определяется сопротивление всего отрезка кабеля (по схеме фиг. 179,б). После этого устанавливают сопротивление до места повреждения по одной контрольной жиле с двух сторон R_x и R_y (по схеме фиг. 179,в). Из полученных величин сопротивления R_x с одного конца кабеля и R_y с другого конца

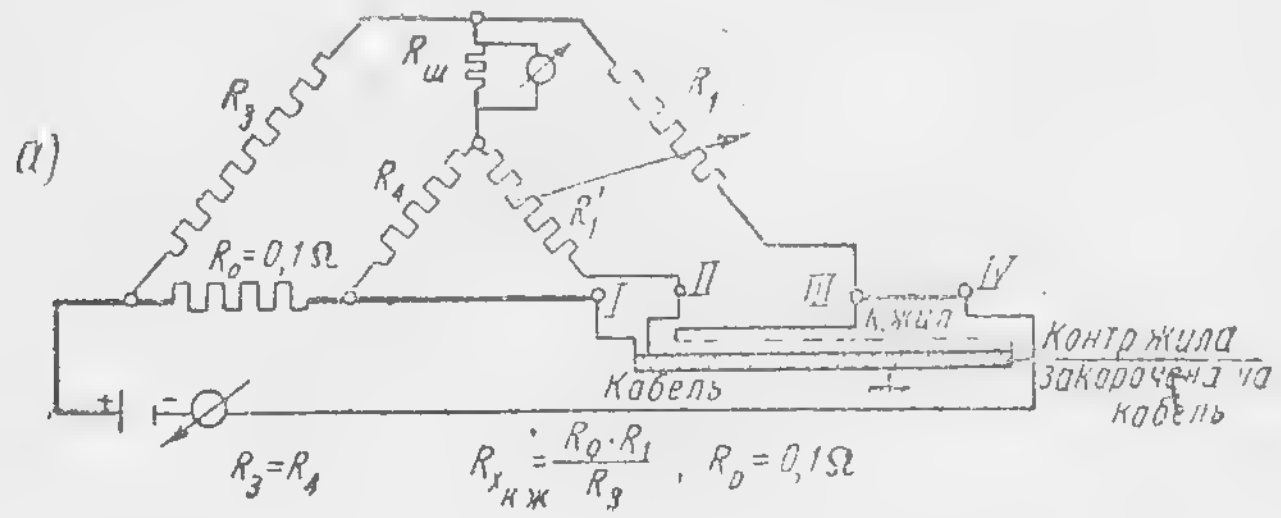


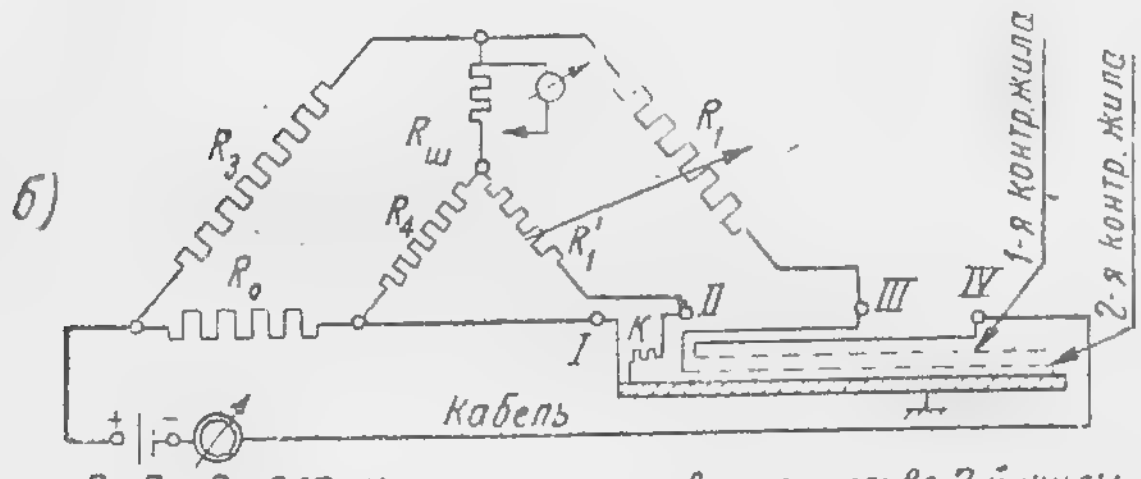
Фиг. 178. Схема испытания поврежденного кабеля.

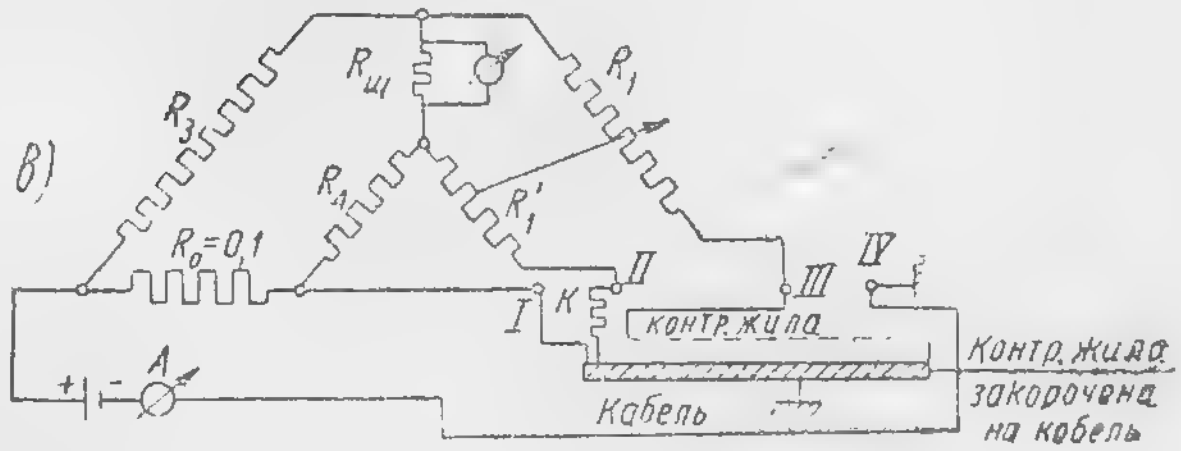
определяют длины L_x и L_y до места повреждения. При этом принимают, что в однородном кабеле длины относятся как их сопротивления:

$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{R_x}{R_y},$$

где: $L_x + L_y = L$ — длина всего участка.





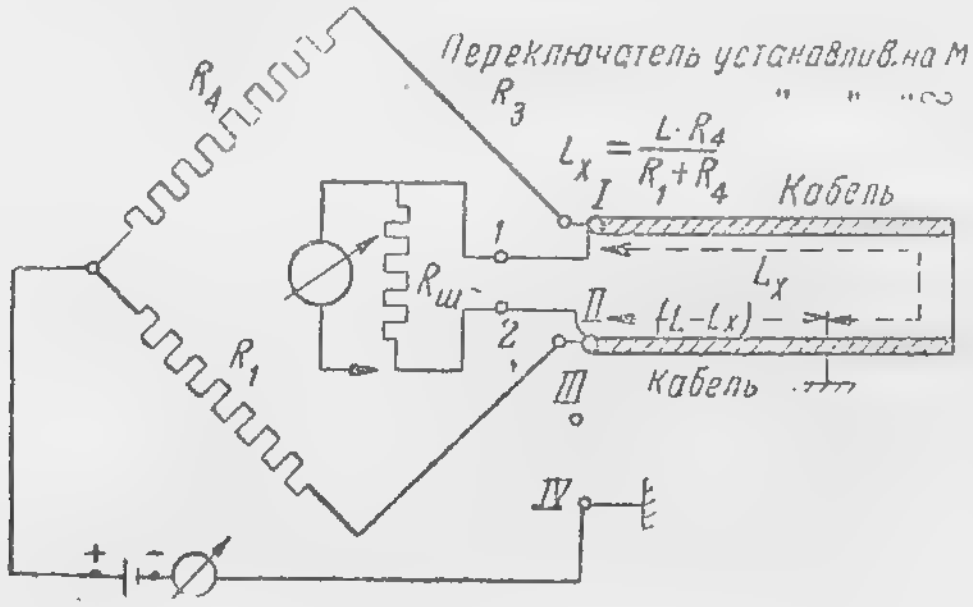


Фиг. 179. Схема испытания поврежденного кабеля.

Необходимо наблюдать, чтобы $R_x + R_x = R_y$. В противном случае можно предположить, что заземление произошло в нескольких местах. При измерении с одной стороны можно определить приблизительно место повреждения по

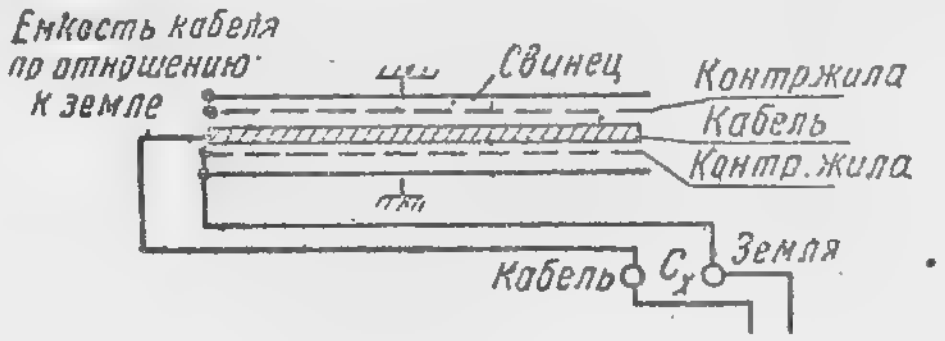
удельному сопротивлению кабеля того же сечения, измеренному при той же, примерно, температуре. Чувствительность моста зависит от силы тока, даваемого батареей, и от примененного гальванометра. Ошибка в процентах, отнесенная к полной длине измеряемого участка в эксплоатационных условиях, должна быть порядка 0,25%.

Петля Муррея осуществляется по схеме фиг. 180. Измерение удобно применять в случае заземления контрольной жилы на кабель или землю. Во многих случаях измерение



Фиг. 180. Схема испытания поврежденного кабеля.

петлей служит подсобным методом при более точном измерении мостиком Томсона. Ошибка в измерениях, считая на весь измеряемый шлейф, выразится в 0,25÷0,5%.

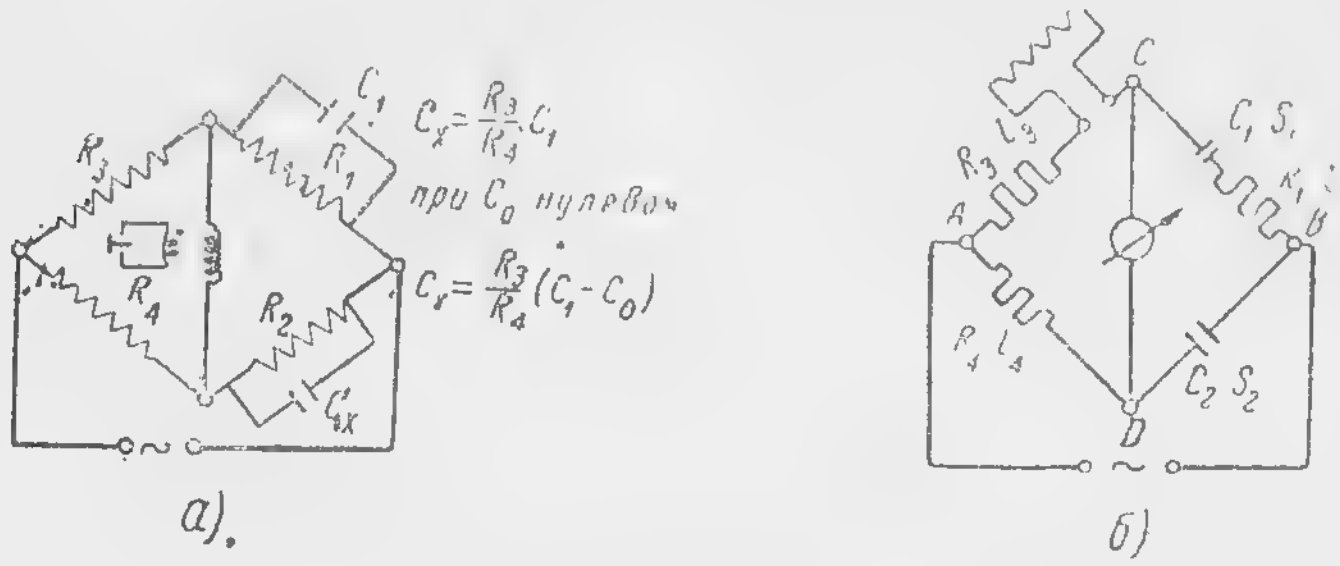


Фиг. 181. Схема испытания поврежденного кабеля.

При обрыве одной или нескольких жил применяется емкостный мостик. Принципиальная и монтажная схемы показаны на фиг. 181 и 182,а. При измерении предварительно определяют C_0 (нулевую емкость соединительных проводов). Измерение емкости также производят с двух сторон C_x и C_y, а место обрыва находят по отношению:

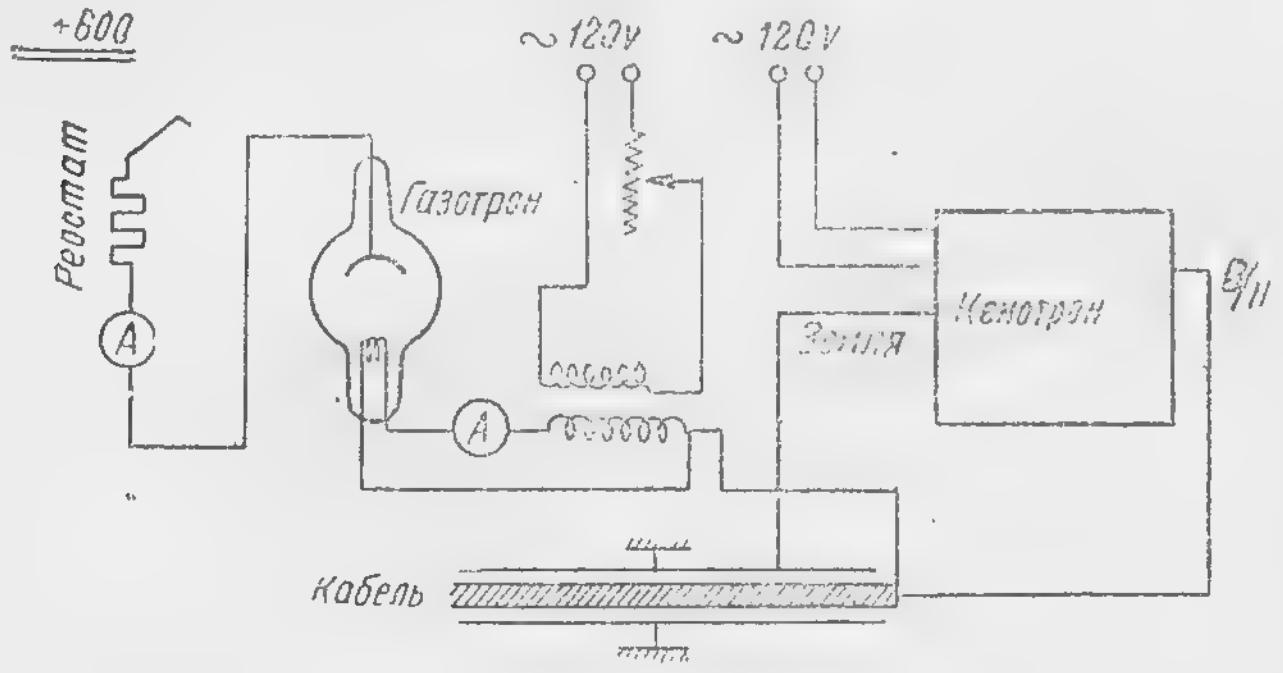
$$\frac{C_x}{C_y} = \frac{L_x}{L_y}.$$

При этом также надо проверять, чтобы $C_г + C_у = C$, примерно, соответствовало емкости всего измеряемого участка; в противном случае обрыв произойдет в нескольких местах. Измерением емкости с одного конца можно



Фиг. 182. Схема испытания поврежденного кабеля.

определить приблизительно место обрыва по удельной емкости кабеля того же сечения и конструкции при одинаковых температурных условиях. Эксплоатационную норму ошибки при измерениях можно принять в 0,25%. В случае обрыва в муфте замер практически может быть вполне точ-



Фиг. 183. Схема испытания поврежденного кабеля.

ным, если измерение даст место повреждения вблизи муфты.

Измерение по методу мостика Оуэна применяется при заземлении всех жил и производится согласно принципиальной схеме, изображенной на фиг. 182,б.

Чтобы найти повреждение кабеля методом мостика Томсона, переходное сопротивление в месте повреждения должно быть, как указано выше, не более 100 ом. Для изме-

рения же емкости мостиком Оуэна переходное сопротивление должно быть возможно более — 1000 ом. Если этих условий в поврежденном кабеле нет, его обрабатывают прожиганием. Целью прожигания является понижение значения переходного сопротивления до постоянного ниже 100 ом, или полный отжиг места повреждения, чтобы его можно было замерить емкостным мостиком как обрыв.

Кабель можно прожигать переменным током, приключая его к резервному генератору или отдельному трансформатору. Трансформатор включается через реостат, и напряжение медленно поднимается до пробоя. При длинных кабелях требуются трансформаторы значительной мощности — до 200 квт. Прожигание надо производить очень осторожно, чтобы не получить короткого замыкания между всеми жилами.

Значительно упрощается прожигание при применении маломощного устройства (до 5 квт) постоянного тока, состоящего из кенотронной установки в соединении с газотроном. Схема включения этого устройства, при использовании напряжения 600 в постоянного тока от контактного провода, приведена на фиг. 183. Кенотрон и газотрон приключаются параллельно. Как только кенотрон пробьет изоляцию в поврежденном месте кабеля, в пробитое место направляется постоянный ток в 600 в, который прожигает кабель.

Ток прожигания можно ограничить до любой величины, подобрав соответствующий реостат; в зависимости от размера газотронной лампы применяют ток от 10 до 20 а.

Раздел VII

КОНТАКТНАЯ СЕТЬ ТРАМВАЯ

130. ВЫСОТА ПОДВЕСКИ КОНТАКТНОГО ПРОВОДА

Согласно техническим условиям, высота контактного провода над уровнем головки рельса на городских улицах в открытых местах должна быть не менее 5 м при наиболее неблагоприятных условиях температуры и нагрузки. Это требование обусловливается безопасностью движения всех видов транспорта по путям трамвая.

Так как стрелка провеса провода может быть порядка 0,35 м, высота точки подвеса контактного провода должна быть не менее 5,3 м. Обычно высота подвески провода принимается 5,3—6,3 м в наинизшей точке.

Минимальная высота контактного провода под мостами и искусственными сооружениями составляет 4,5 м. В исключительных случаях минимальная высота устанавливается в 4,2 м.

При высоте контактного провода ниже 4,5 м должны быть вывешены предостерегающие плакаты.

В воротах парков минимальная высота контактного провода принимается 4,7 м.

В случае пересечения трамвайной линии с линией железной дороги, высота контактного провода над уровнем головки железнодорожного рельса при наиболее неблагоприятных условиях температуры и нагрузки должна быть не менее 5,75 м.

Уклон контактного провода при соединении участков с различной высотой рекомендуется принимать не более 2%.

131. НОРМАЛЬНЫЙ ПРОЛЕТ ПРИ ПРОСТОЙ ПОДВЕСКЕ

Длина пролета между точками подвеса контактного провода на прямых участках пути должна быть равна 35 м при минимальном тяжении в медном контактном проводе 4,5 кг/мм².

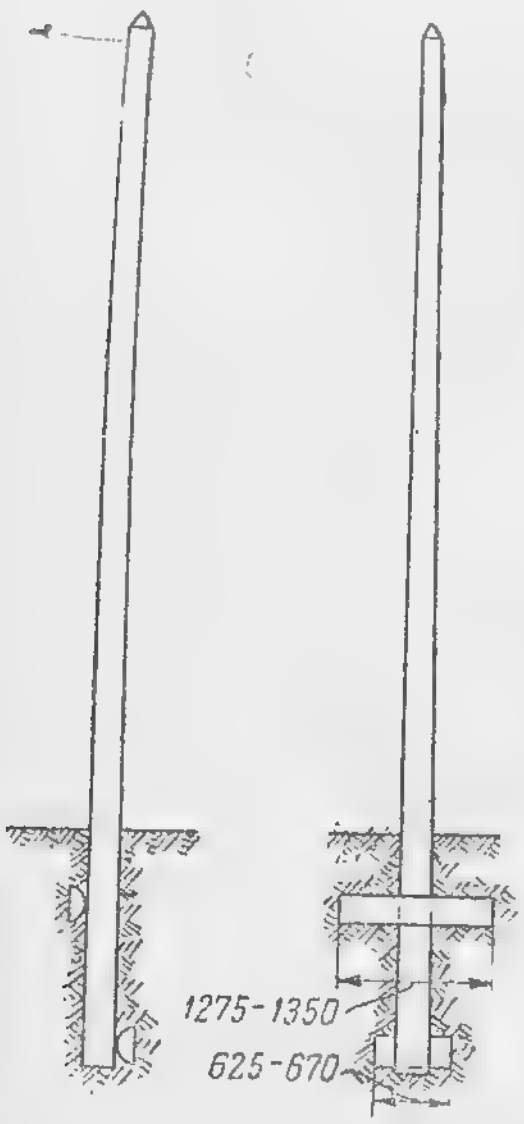
В случае применения железного контактного провода пролет может быть увеличен до 40 м.

На отдельных пролетах расстояние между точками подвеса может быть увеличено до 40 м при медном проводе и 45 м — при железном.

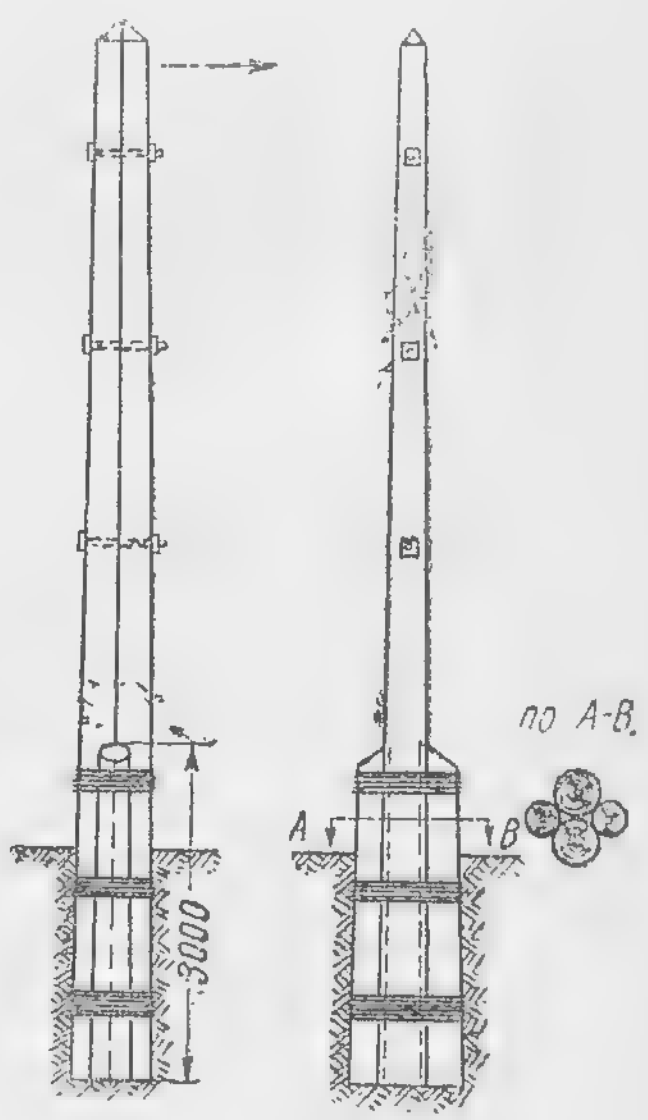
При невозможности выдержать указанные расстояния следует применять цепную или полигонную подвеску контактного провода.

132. ДЕРЕВЯННЫЕ ОПОРЫ

Для опор обычно применяются хвойные породы леса: сосна, ель, лиственница, кедр и пихта, а также дуб.



Фиг. 184. Деревянный одиночный столб.



Фиг. 185. Деревянный сдвоенный столб.

Сбег столба обычно составляет от 0,8 до 1 см на каждый метр длины. Для расчетов сбег принимают равным 0,8 см на 1 м длины.

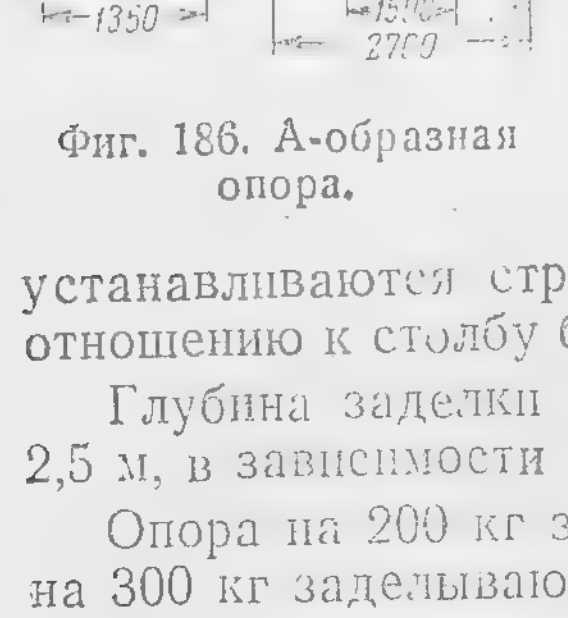
По $\frac{\text{ОСТ}}{\text{ВСКХ}}\frac{8454}{83}$ деревянные опоры разбиваются на следующие типы:

1) одиночный столб диаметром (вверху) 21—25 см на усилия 200 и 300 кг (фиг. 184);

2) сдвоенная опора из двух столбов (диаметром каждый 21—22 см), соединенных болтами, с пасынками в нижней части, на усилие 600 кг (фиг. 185);

3) опоры с оттяжкой на усилия 600, 1000 и 1300 кг, отличающиеся друг от друга диаметром столба и сечением троса для оттяжки;

4) А-образные опоры на усилия 1000 и 1300 кг из двух столбов, соединенных вверху болтами, а внизу — лежнями (фиг. 186).



Фиг. 186. А-образная опора.

Деревянные опоры всех типов изготовляются из столбов длиной 9, 10 и 11 м, в зависимости от расположения и условий работы опор. В табл. 111 (стр. 325) приведены основные данные деревянных опор различных типов по $\frac{\text{ОСТ } 8454}{\text{ВСКХ } 83}$.

Установка опор в грунт производится с наклоном в сторону, противоположную тяжению; при этом тангенс угла наклона в вертикали берется 0,04 ÷ 0,05. А-образные опоры устанавливаются строго вертикально. Наклон оттяжки по отношению к столбу берется обычно в 30°.

Глубина заделки опоры в грунт принимается от 1,5 до 2,5 м, в зависимости от характера грунта и типа опоры.

Опора на 200 кг заделывается в грунт свободно. Опоры на 300 кг заделываются с лежнями (см. фиг. 184).

Для сдвоенных опор увеличение поверхности соприкосновения с грунтом осуществляется при помощи пасынков, жестко соединенных со столбами железной проволокой (см. фиг. 185).

Оттяжки для опор изготовляются из стального многопроволочного троса диаметром от 9 до 13 мм.

Под торец столба для уменьшения давления на грунт устанавливается подкладка из отрезка шпалы длиной 0,7—1,7 м.

Таблица 111

Данные деревянных опор

Тип	Конструкция	Допустимая нагрузка, кг	Диаметр столба в верхней части, см	Общая длина столба, м	Способ заделки в грунт
Д-2	Одиночная	200	21—22	9,10,11	Свободная
Д-3	„	300	25	9,10,11	С лежнями
2Д-6	Сдвоенная	600	21—22	9,10,11	—
ДО-6	С оттяжкой	600	21—22	9,10,11	С подкладкой
ДО-10	„ „	1000	21—22	9,10,11	„ „
ДА-10	А-образная	1000	23—24	9,10,11	С двумя продольными и двумя поперечными лежнями с подкладкой
ДО-13	С оттяжкой	1300	23—24	9,10,11	
ДА-13	А-образная	1300	25	9,10,11	С двумя продольными и двумя поперечными лежнями

А-образная опора укрепляется в грунте при помощи двух лежней-шпал, продольных и поперечных, скрепляемых с нижней частью опоры болтами (см. фиг. 186).

Для предохранения от гниения часть опоры в земле и несколько выше поверхности земли покрывают толстым слоем глины.

133. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ОПОРЫ

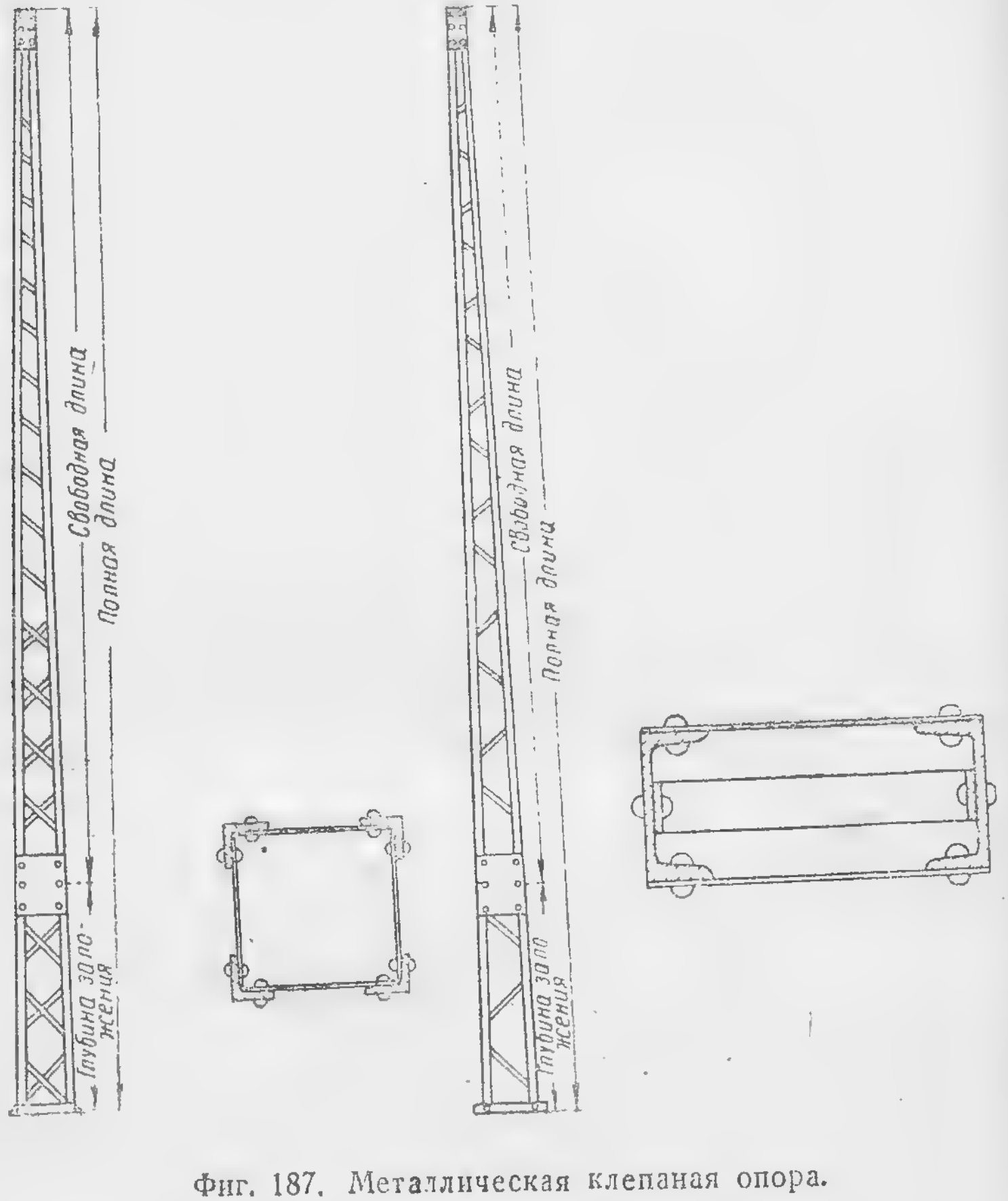
Металлические решетчатые опоры, изготовляющиеся преимущественно сварными, состоят из поясов (стоек), несущих основную нагрузку, и решетки, необходимой для жесткости (фиг. 187).

Для основных поясов применяются фасонные профили прокатной стали: швеллер и угловое равнобокое железо.

Решетчатые уголковые опоры состоят из четырех поясов равнобокого углового железа и решетки в виде раскосов, образующих четыре грани опоры.

Для поясов, расположенных пирамидально с наклоном внутрь по отношению к вертикали в 2%, применяется угловое железо №№ 6; 6,5 и 7,5.

Раскосы выполняются из полосового железа для сравнительно небольших усилий и из равнобоких уголков №№ 4 и 4,5 для усилий более 1000 кг.



Фиг. 187. Металлическая клепаная опора.

Металлические решетчатые опоры обычно заделываются в бетонный фундамент, хотя это необязательно. Фундамент выполняется в виде параллелепипеда и обычно выступает над уровнем грунта на 150—250 мм. Верхняя плоскость фундамента делается со скосом для стока воды. Размеры фундамента принимаются по расчету, в зависимости от характера грунта и усилия, действующего на опору.

Бетон для изготовления фундаментов металлических опор может быть взят марки 90. Минимальная толщина защитного бетонного слоя принимается 10 мм.

Для защиты от ржавчины металлические опоры должны быть тщательно окрашены.

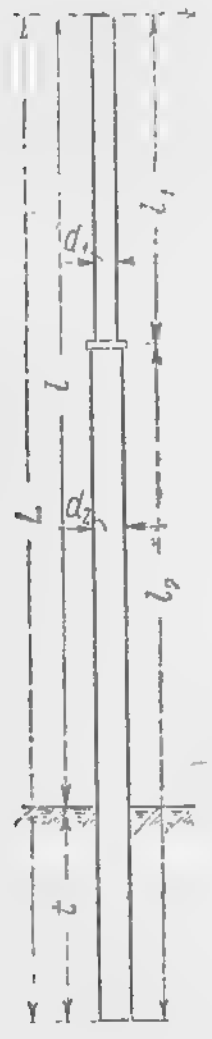
В отдельных случаях уголковые опоры рассчитываются на горизонтальные усилия до 1800 кг.

Таблица 112

Данные решетчатых опор

Тип	Допускаемое усилие у вершины P, кг	Профиль поясов N	Свободная высота H, мм	Глубина заделки h, мм	Полная длина L, мм	Ширина в месте заделки d, мм	Сечение у вершины, мм	Вес опоры G, кг	Вес опоры на 1 кг усилия $\frac{G}{P}$ кг/кг
Швеллерные	400	№ 8	6000	1500	7500	280	100×80	185	0,463
			6500	1500	8000	295		195	0,487
			7000	1600	8600	310		210	0,525
			7500	1600	9100	325		220	0,550
	600	№ 10	6000	1600	7600	300	120×100	220	0,366
			6500	1600	8100	315		235	0,392
			7000	1700	8700	330		250	0,416
			7500	1700	9200	345		265	0,442
Уголковые	800	№ 6 60×60×7	6000	1700	7700	365	150×150	320	0,400
			6500	1700	8200	385		335	0,420
			7000	1800	8800	400		355	0,444
			7500	1800	9300	420		370	0,463
			8000	1800	9800	440		390	0,487
	1000	№ 6,5 65×65×8	6500	1800	8300	425	155×155	400	0,400
			7000	1900	8900	445		420	0,420
			7500	1900	9400	465		440	0,440
			8000	1900	9900	490		460	0,460
	1500	№ 7,5 75×75×10	6500	1900	8400	445	175×175	560	0,374
			7000	2000	9000	470		600	0,400
			7500	2000	9500	490		620	0,420
			8000	2000	10000	510		665	0,443

Металлическим опорам так же, как и деревянным, дается некоторый наклон от вертикали в сторону, противоположную тяжению. Тангенс угла наклона к вертикали принимается 0,025—0,03.



Фиг. 188. Трубчатая опора.

В табл. 112 приведены данные основных типов металлических решетчатых опор.

Трубчатые опоры изготовляются из цельных труб постоянного и переменного сечения или составляются из труб разных диаметров.

Для таких опор могут быть применены отбракованные нефтяные трубы.

Трубчатые опоры могут воспринимать горизонтальные усилия от 400 до 1200 кг.

Полная высота этих опор колеблется от 8,5 до 12,5 м (фиг. 188).

Трубчатые опоры на малое усилие (до 400 кг) могут устанавливаться в грунте непосредственно с подкладкой лежней и отрезков шпалы под торец опоры. Опоры на большое усилие устанавливаются на бетонных фундаментах, подобных применяемым для решетчатых опор.

В табл. 113 приведены основные данные сборных трубчатых опор московского трамвая. Условные обозначения приняты согласно фиг. 188.

134. КРОНШТЕЙНЫ

По конструкции кронштейны могут быть разбиты на две основные группы: а) с оттяжкой и б) с подкосом. Первые легче и требуют меньше материала на изготовление, вторые немного тяжелее (из-за подкоса).

Кронштейн с оттяжкой требует большей высоты опоры (для оттяжки). Поэтому эта конструкция с точки зрения затраты металла является выгодной только в случае применения деревянных опор. При металлических опорах экономия в весе кронштейна покрывается с избытком перерасходом металла на опору.

По способу крепления к опорам кронштейны можно разбить на защемленные на опоре и незащемленные. Первые охватывают опору с обеих сторон и стягиваются болтами, получая значительную жесткость против выветривания. Незащемленные кронштейны крепятся к специальному хомуту.

Таблица 113

Данные трубчатых опор

Тип	Допустимое усилие у вершины P, кг	Свободная длина l, мм	Глубина заделки t, мм	Полная длина L, мм	Длина отдельного звена, мм		Наружный диаметр и толщина стены, мм				Вес опоры G, кг	Вес опоры на 1 кг усилия $\frac{G}{P}$ кг/кг
					l_1	l_2	d_1	S_1	d_2	S_2		
ТМК-4/8,4	400	6600	1800	8400	2700	5700	168	6	219	7	285	0,71
ТМ-4/9,5	400	7700	1800	9500	3500	6000	168	6	219	8	350	0,87
ТМ-6/9,5	600	7700	1800	9500	3500	6000	219	7	273	8	460	0,77
ТМ-9/9,5	900	7700	1800	9500	3500	6000	219	8	299	9	565	0,63
ТМ-4/10,5	400	8500	2000	10500	3900	6600	168	6	219	8	400	1,00
ТМ-6/10,5	600	8500	2000	10500	3900	6600	219	7	273	8	510	0,85
ТМ-9/10,5	900	8500	2000	10500	3900	6600	273	8	325	9	695	0,77
ТМ-12/10,5	1200	8500	2000	10500	3900	6600	273	8	351	10	735	0,61
ТМ-6/12,5	600	10000	2500	12500	4500	8000	219	7	299	9	705	1,18
ТМ-9/12,5	900	10000	2500	12500	4500	8000	273	8	351	10	945	1,05
ТМ-12/12,5	1200	10000	2500	12500	4500	8000	273	8	377	10	1000	0,83
ТМ-9/15	900	12500	2500	15000	5500	9500	273	8	351	10	1125	1,25
ТМ-12/15	1200	12500	2500	15000	4500	10500	273	8	377	12	1400	1,17

который охватывает опору. Для кронштейнов обычно применяются неравнобокие уголки №№ 6 × 4; 7,5 × 5 и реже 8 × 4, в зависимости от воспринимаемого усилия. Кронштейн составляется из двух уголков, соединяемых с зазором 10 мм. В качестве подкоса служит пара уголков (как равнобоких, так и неравнобоких) или тавровый профиль. У кронштейнов с оттяжкой обычно из стальной проволоки диам. 6 мм между хомутом оттяжки и кронштейном вставляется стяжная муфта, с помощью которой кронштейн регулируется и выверяется по высоте.

Изготовление кронштейнов и их сборка производятся в мастерской.

135. КОНТАКТНЫЙ ПРОВОД

Контактный (троллейный) провод изготовляется из твердотянутой электролитической меди и (реже) бронзы различных составов (оловянистая, кадмиевая, фосфористая и др.). Иногда используются железные провода.

Провод должен быть изготовлен из меди марки М-1 по ГОСТ 859—41 [см. ГОСТ 2584—44 на провод медный контактный (троллейный)]. Профиль трамвайного контактного провода принят в виде восьмерки сечением 65, 85 и 100 мм² как для дугового, так и для роликового токоприемника (фиг. 189).

Провод с однородным строением в изломе должен быть без окалины, трещин, раковин и других недостатков. Наружная поверхность его должна быть гладкой, без трещин и заусениц.

Омическое сопротивление 1 км контактного провода, отнесенное к 1 мм² поперечного сечения, не должно превышать 17,55 ома при 20° С. Сопротивление, измеренное при температуре t° С, приводится к температуре + 20° С по формуле:

$$R_{20} = R_t [1 + 0{,}068 (20 - t)].$$

Спайка отдельных кусков фасонного провода до окончательной протяжки производится очень тщательно серебряным припоем. Длина спайки перед протяжкой должна быть не менее 500 мм.

На 1 т веса непрерывного провода допускается не более 15 паек.

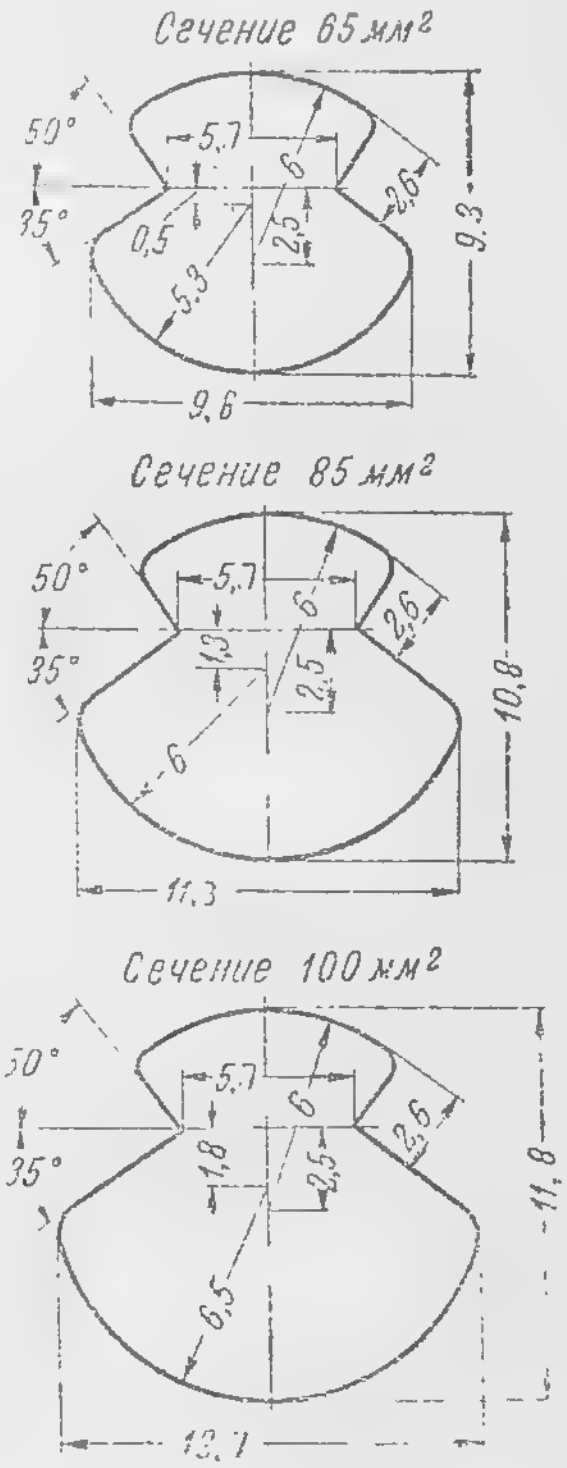
Контактный провод наматывается на деревянный барабан диаметром не менее 0,6 м. Наматывание производится с большой тщательностью. Отдельные обороты провода должны лежать один за другим. Ни один оборот, кроме

первого и последнего каждого ряда, не должен попадать в другой слой (ряд).

Контактная поверхность фасонного провода должна быть обращена к оси барабана, причем перекручивание провода не допускается.

Для уменьшения износа провода необходимо: 1) увеличивать натяжение в проводе для уменьшения провеса; 2) тщательно подвешивать провод на кривых пересечениях и стрелках с применением по возможности байдратов; 3) смазывать токоприемник и 4) держать нажатие токоприемника в пределах для дуги 4—5 кг, а для ролика 6—8 кг.

В табл. 114 приведены основные данные медного трамвайного контактного провода.



Фиг. 189. Сечение контактного провода.

Бронзовые контактные провода обладают более высоким электрическим сопротивлением и отличаются значительно большей механической прочностью, чем медные.

Для экономии меди в случаях, когда ее сечение в проводах не используется полностью электрически (парковые пути, короткие ветки и т. д.), может быть применен биметаллический контактный провод, состоящий из железного сердечника, покрытого слоем меди, с содержанием железа 50—60% и меди 50—40% от полного сечения провода. При этом, не ухудшая механических свойств провода, можно достигнуть значительной экономии меди (около 50%).

В тех случаях, когда проводимость не имеет существенного значения, могут быть применены железные контактные провода. Они имеют следующие преимущества по сравнению с медными:

1) значительно меньшую дефицитность;

2) более низкую стоимость (примерно в 6—8 раз);

3) бо́льшую механическую прочность (допускают более высокие напряжения на растяжение);

4) большую сопротивляемость износу;

5) большую температурную стойкость (механические свойства железа с повышением температуры до 300° С даже увеличиваются на 10—12%, а у меди, наоборот, уменьшаются);

6) способность легко свариваться, что облегчает стыкование проводов после обрывов.

К недостаткам железных проводов относятся:

1) большое сопротивление (примерно, в 7 ÷ 8 раз больше меди: 130 ом на 1 км и 1 мм²);

2) слабая устойчивость против атмосферных влияний (ржавление);

3) необходимость в специальной контактной вставке токоприемника, так как алюминиевая вставка очень быстро изнашивается.

В табл. 115 приведены для сравнения механические и физические свойства проводов из различных материалов.

Таблица 114

Данные контактных проводов

Сечение, мм²	Высота, мм	Ширина, мм	Предел прочности при растяжении (времен. сопротивление разрыву) на 1 мм², кг/мм	Допустимая нагрузка, кг	Допустимое напряжение, кг/мм²
65	9,3	9,6	38	850	13,0
85	10,8	11,3	36	1050	12,4
100	11,8	12,7	35	1200	12,0

Нормальная строительная длина отрезка провода, наматываемого на барабан	Вес 1000 м, кг	Модуль упругости E, кг/см²	Коэффициент линейного расширения	Проводимость по отношению к чистой меди, %	Сопротивление при +15° С, ом/км
850—2500	580	13000	$17 \cdot 10^{-6}$	696,7	0,270
650—2000	760	13000	$17 \cdot 10^{-6}$	696,7	0,206
550—1600	890	13000	$17 \cdot 10^{-6}$	696,7	0,175

Таблица 115

Сравнительные данные контактных проводов из различных материалов

Свойства контактных проводов	Материалы провода				
	твердотянутая медь	бронза	кадмиевая медь	биметалл (медь-железо)	железо
Удельный вес, г/см³	8,9	8,9	8,9	8,3—8,45	7,85
Модуль упругости, кг/мм²	13000	13000	13000	19000—20000	20000
Временное сопротивление разрыву, кг/мм² . . .	36—38	46—30	50—60	—	40—50
Коэффициент линейного расширения	$17 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$	$17 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 1\,,^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$
Удельное сопротивление при температуре +20° С на 1 км и 1 мм², ом . .	17,55	20—40	19,5	31,5—47,5	125—140,5

136. СТАЛЬНАЯ ПРОВОЛОКА И ТРОС

Для подвески и анкеровки контактного провода применяется стальная оцинкованная проволока диам. 5 и 6 мм или гибкий стальной оцинкованный трос.

Проволока должна иметь сопротивление на разрыв 100 кг на 1 мм² среднего сечения разрываемого куска и удлинение не менее 5%. Допуск в сопротивлении на разрыв — 10%.

Проволока должна быть достаточно мягкой, чтобы, не пружинясь, закручиваться до шести раз вокруг скалки одинакового с ней диаметра. В проволоке не должно быть никаких повреждений.

Проволока должна выдержать два изгиба в одной плоскости. За один изгиб считается угол в 180°.

Проволока должна быть оцинкованной. Слой цинка не должен отставать при навертывании проволоки (около 5 витков) на цилиндр десятикратного диаметра.

Проволока свертывается в круги (бухты) с внутренним диаметром не менее 200 мм ровными рядами, не волнисто, без изгибов и перепутывания рядов. Проволока должна состоять из одного куска весом около 40 кг.

Стальные тросы изготовляются из проволок одинакового диаметра и должны иметь плотную скрутку. Требования к наружной поверхности те же, что и для стальной проволоки.

Проволока троса должна выдерживать без излома не менее 8 изгибов под прямым углом.

При шестикратном погружении оцинкованного троса в раствор медного купороса (каждый раз на 1 мин. с последующей промывкой и обтиркой) на проволоке не должно образовываться медной плесени.

Оцинковка отдельных проволок производится до свивки из них тросов.

Основные механические и физические характеристики стальной проволоки и стальных тросов приведены в табл. 116 и 117.

Таблица 116

Данные стальной проволоки

Диаметр, мм	Сечение, мм²	Временное сопротивление		Допускаемая нагрузка, кг	Приблизительный вес 1000 м кг	Модуль упругости E, кг/мм²	Коэффициент линейного расширения α
		на 1 мм, кг/мм²	всей проволоки, кг				
4	12,6	100	1260	380	100	21000	$12 \cdot 10^{-6}$
5	19,6	100	1960	600	155	21000	$12 \cdot 10^{-6}$
6	28,3	100	2830	850	224	21000	$12 \cdot 10^{-6}$

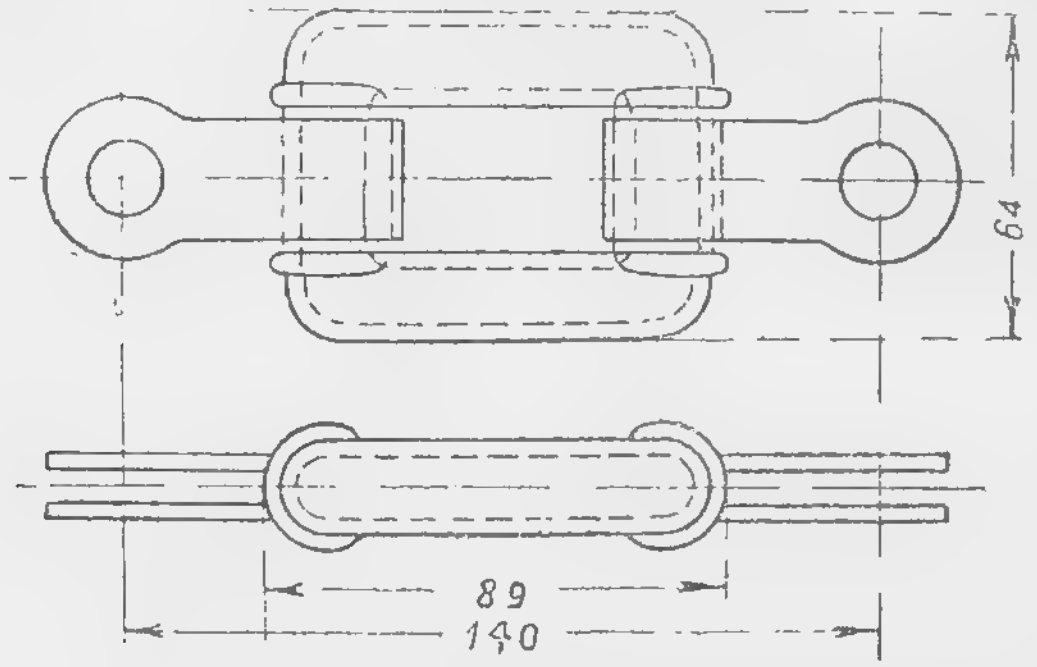
Таблица 117

Данные стального троса

Наружный диаметр троса, мм	Диаметр проволоки, мм	Общее число проволок	Площадь сечения проволок, мм²	Разрушающая нагрузка троса в кг при временном сопротивлении проволок		Приблизительный вес 1000 м, кг
				110 кг/мм²	120 кг/мм²	
7,8	2,6	7	37,0	—	4010	300
9,0	3,0	7	49,0	—	5340	410
9,0	1,8	19	48,4	4780	5200	400
11,0	2,2	19	72,0	1750	—	580
13,0	2,6	19	101,0	10000	—	820

137. АРМАТУРА КОНТАКТНОЙ СЕТИ

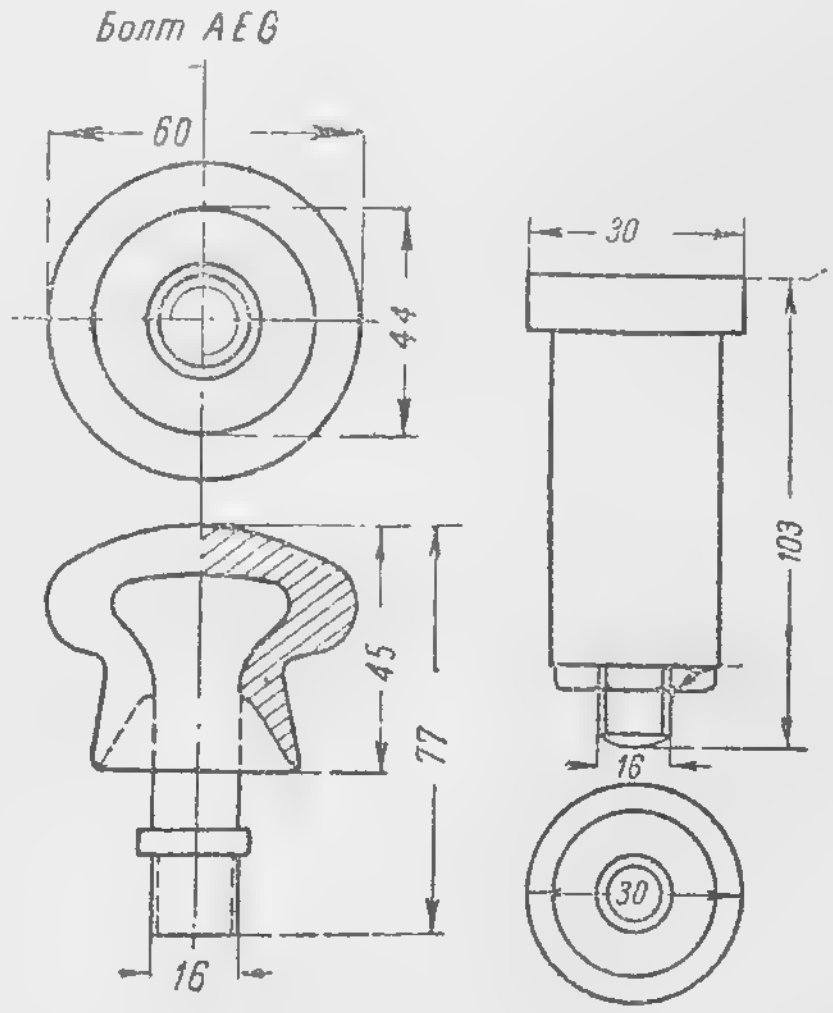
Оборудование контактной сети можно разбить на две группы: а) основное, б) вспомогательное и защитное. К пер-



Фиг. 190. Пряжковый изолятор.

вой группе принадлежат изоляторы и всякого рода зажимы (провододержатели) и подвесы (болтодержатели), ко второй — остальное оборудование контактной сети. [1]

В качестве материала для изоляторов служит эбонит, дерево, фарфор, диабаз и др. Наиболее широкое распространение получили изоляторы из опрессованной массы (карболита). Эти изоляторы бывают двух конструкций. Пряжковый изолятор — ГОСТ 3537—47 (фиг. 190) — состоит из металлического прямоугольного кольца, опрессованного со всех сторон карболитом. С двух сторон изолятор охватывается металлическими дужками, через которые происходит соединение с тросом. Пряжковые изоляторы применяются для усилий в 1200 и 500 кг.

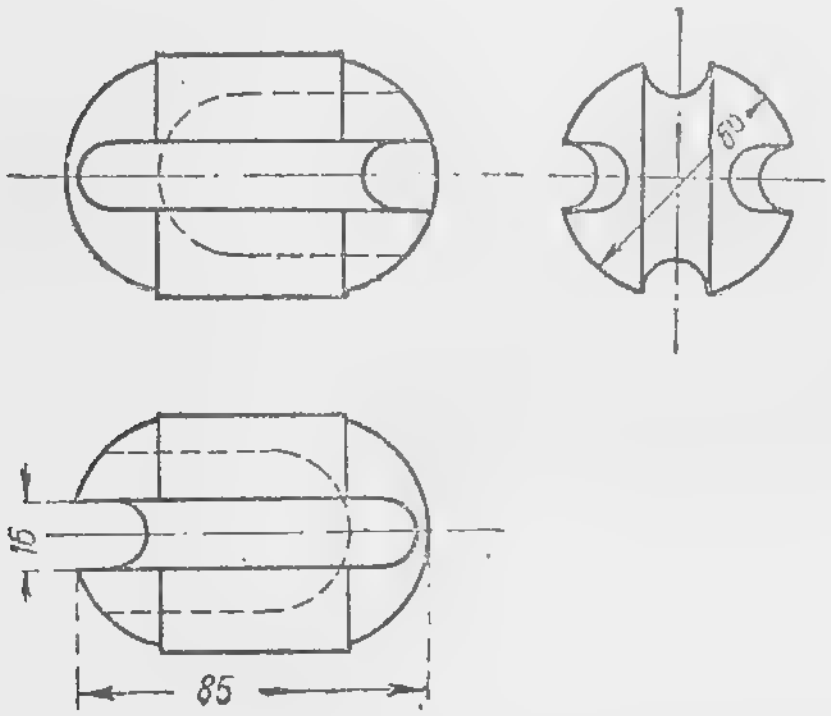


Фиг. 191. Изоляционный болт.

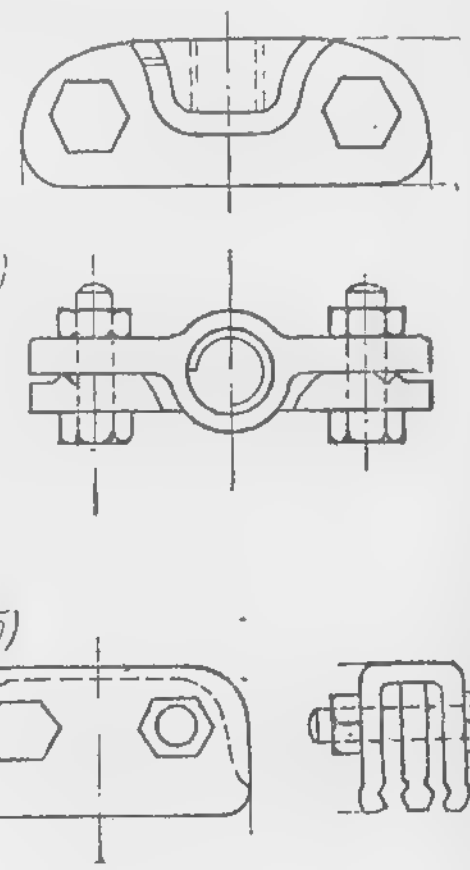
[1] В 1947 г. изданы, введенные с января 1948 года, ГОСТ'ы на арматуру контактной сети трамваев и троллейбусов — зажимы под-

Другим видом изолятора является изоляционный болт (фиг. 191). Он представляет собой болт специальной конструкции, опрессованный карболитом. С наружной стороны болт охватывается плотно облегающим подвесом, который крепится к поперечному тросу. В нижней части болт оканчивается резьбой. К болту через специальный зажим подвешивается контактный провод.

Фарфоровые изоляторы — ГОСТ 3536—47 применяются натяжного типа, рассчитанного на нагрузку 500 кг с армировкой тела фарфора стальной проволокой (орешковый изолятор) (фиг. 192). Арматура располагается таким образом, что в случае разрушения изолятора механическая связь в поперечном тросе не нарушается.



Фиг. 192. Орешковый изолятор.



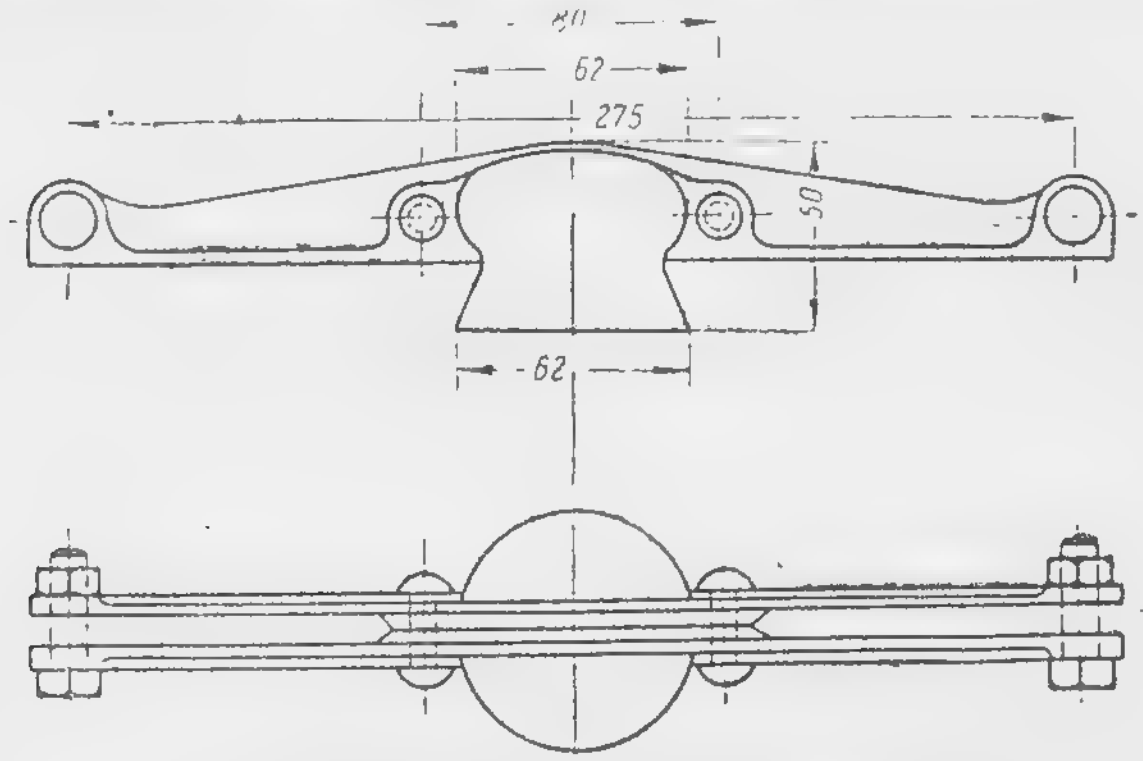
Фиг. 193. Зажимы (подвески) для троллейного провода.

Зажимы по своей конструкции разделяются на подвесные (ГОСТ 3528—47) и байдратные — соединительные (ГОСТ 3529—47). Первые служат для подвески контактного провода (фиг. 193, а) и состоят из двух частей (щек).

весные (ГОСТ 3528—47), зажим соединительный (ГОСТ 3529—47), зажим питающий (ГОСТ 3530—47), подвес гибкий неизолированный (ГОСТ 3531—47), зажим подвесной (ГОСТ 3532—47), подвес одноплечий жесткий (ГОСТ 3533—47), подвес двуплечий жесткий (ГОСТ 3534—47), муфты натяжные закрытые (ГОСТ 3535—47), зажим концевой, клиновой (ГОСТ 3283—46), изолятор орешковый (ГОСТ 3536—47), изолятор пряжечный (ГОСТ 3537—47).

В связи с этим, в тексте справочника, по стандартизированным элементам арматуры контактной сети, указываются данные, согласно ГОСТ'ов *Примечание редактора.*

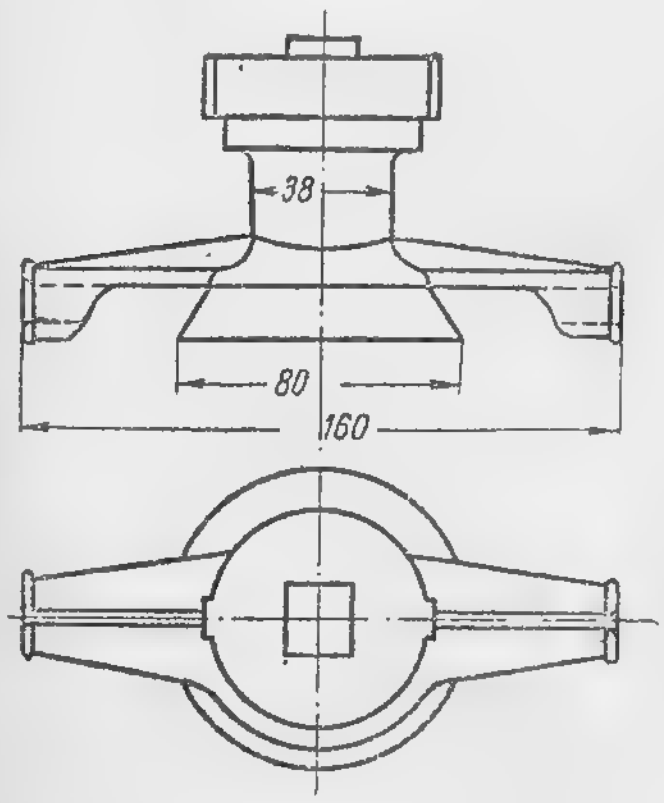
Соединительные зажимы (фиг. 193, б) служат для соединения двух контактных проводов. Они применяются для



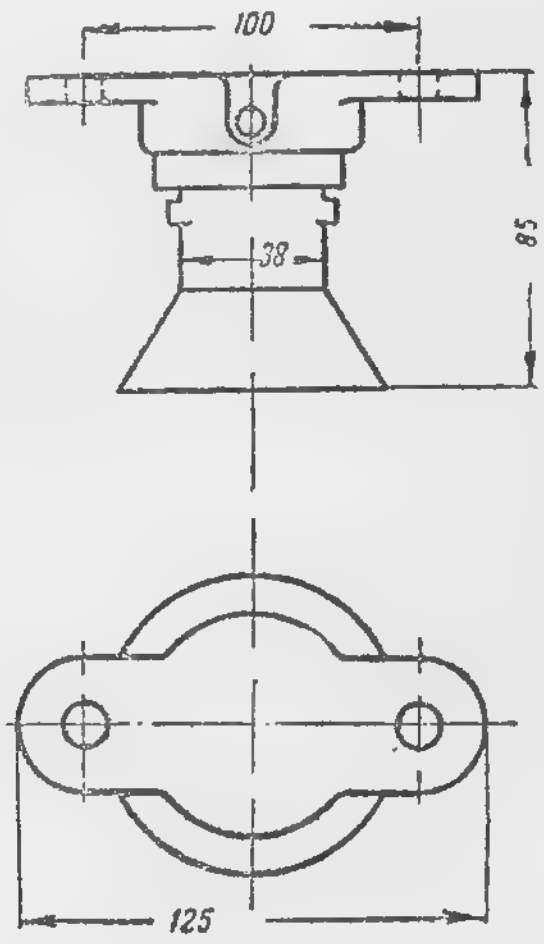
Фиг. 194. Подвес типа Сименс.

подвески в одном уровне и в разных уровнях, когда приходится сращивать провода сечением 65 и 100 мм².

Для присоединения к контактному проводу питающих проводов применяются питающие зажимы —



Фиг. 195. Подвес типа АЕГ.



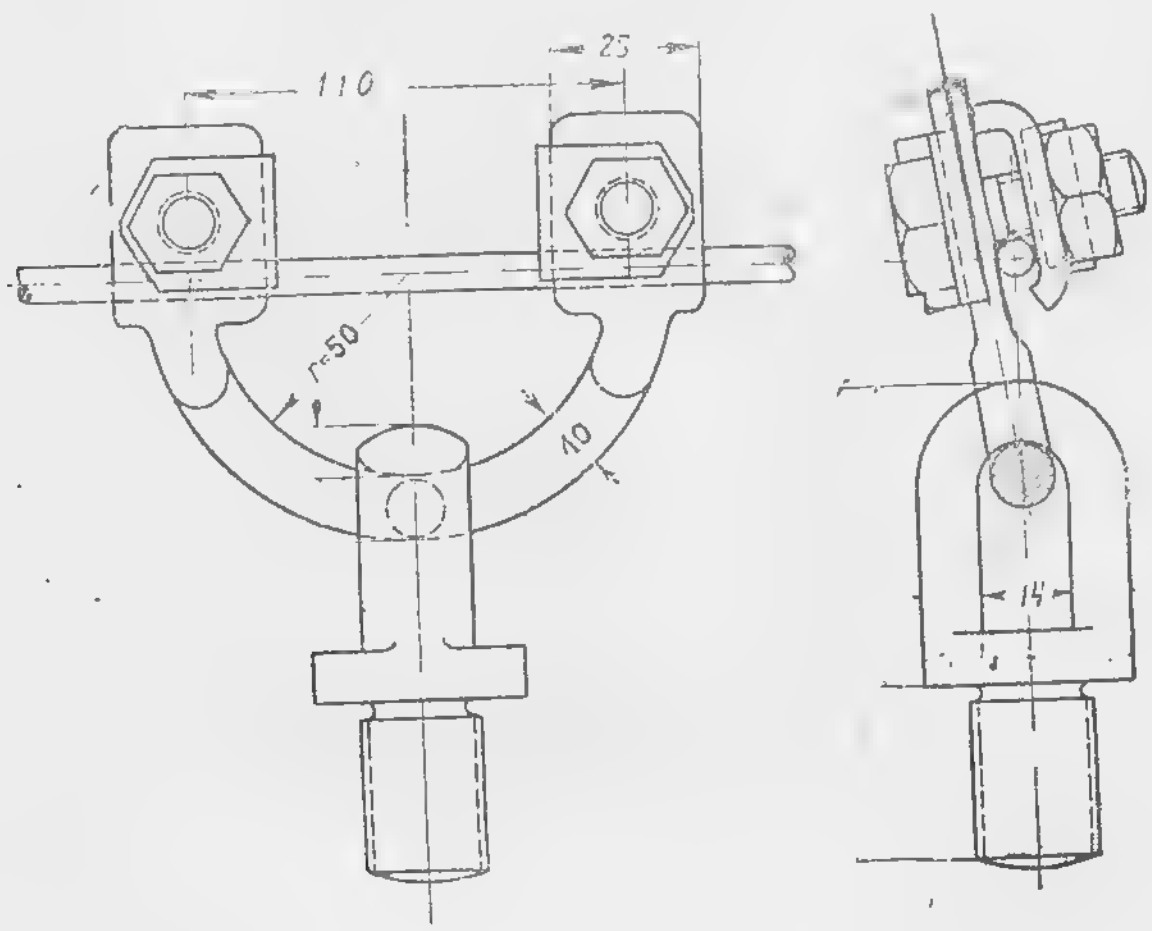
Фиг. 196. Потолочный подвес.

ГОСТ 3530—47. Они отличаются от обыкновенного зажима тем, что в верхнем приливе сделано несквозное отверстие для впаивания питающего провода.

Подвес (или болтодержатель) служит для крепления контактного провода на поперечном тросе, чтобы зафиксировать провод в определенном положении и предохранить его от сдвига вдоль поперечного троса на кривой.

Подвесы бывают разных типов. Основными из них являются Сименс, АЕГ и Броун-Бовери. В СССР применяются главным образом первые два типа.

Подвесы Сименс (фиг. 194) состоят из двух стальных или из ковкого чугуна половинок, соединенных заклепками.



Фиг. 197. Безизоляционный подвес.

Между ними закладывается изоляционный болт. Эти подвесы дают возможность не разрезать поперечный трос не только на прямых, но и на кривых, что облегчает монтаж контактного провода, так как предохранение от сдвига осуществляется при помощи зажима троса болтами. Кроме того, подвес Сименс позволяет применять на кривых байдраты, служащие для уменьшения нагрузки на подвес.

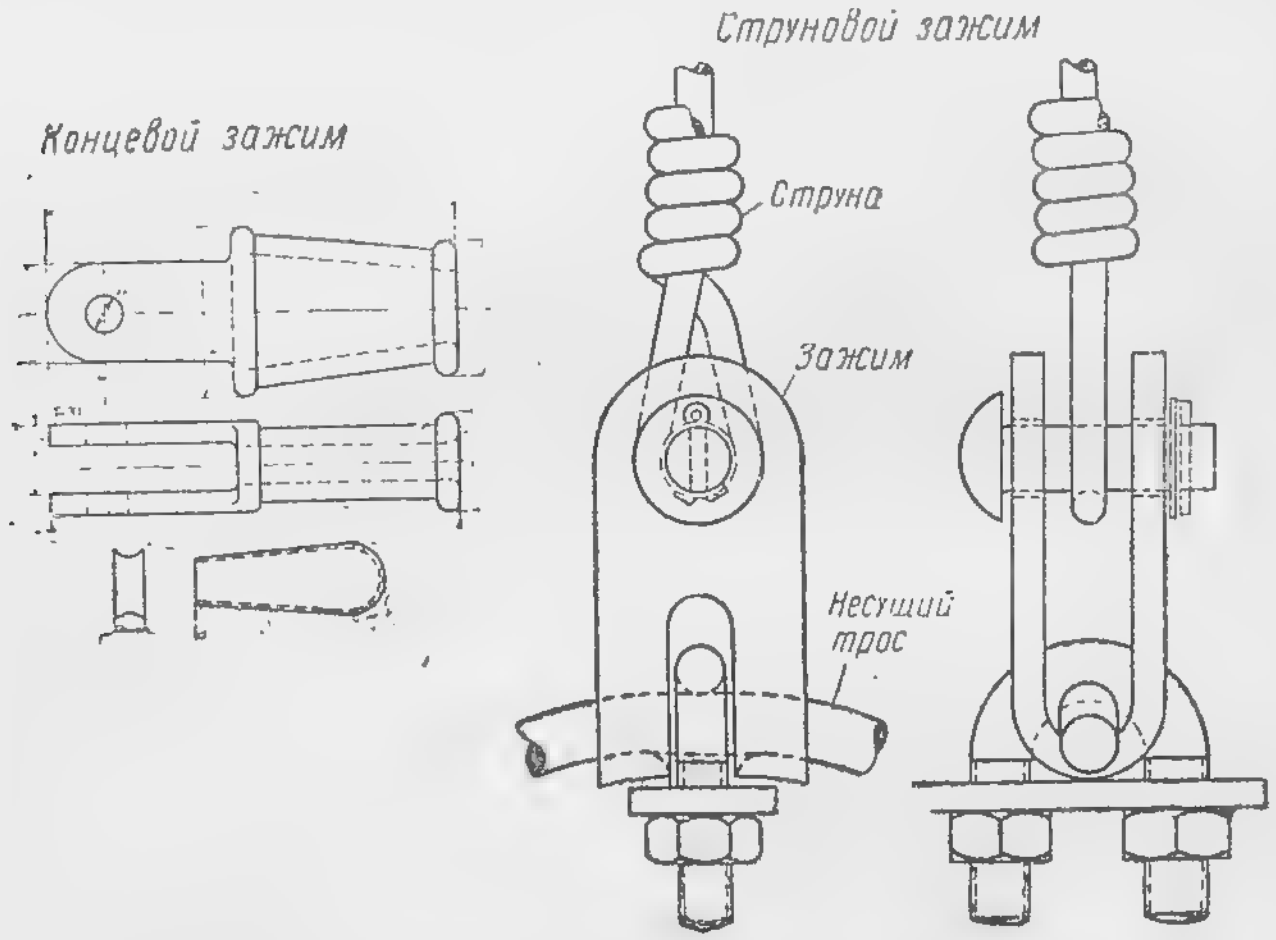
Подвес АЕГ (фиг. 195) отливается обычно из ковкого чугуна и имеет сверху привинчивающуюся крышку. Изоляционный болт закладывается сверху. Смена неисправного болта возможна без снятия подвеса.

В конструкции подвеса не предусматривается возможность установки байдратов.

В случае жесткого крепления контактного провода (под мостами), применяется потолочный подвес. Он привертывается болтами к деревянному брусу (являющемуся в то же

время второй изоляцией), который крепится к конструкции моста (фиг. 196).

В последние годы успешно применяется подвес гибкий, неизолированный (ГОСТ 3531—47), имеющий шарнирное крепление зажима к специальному бугелю (фиг. 197). Этот подвес отличается простотой конструкции и способствует лучшей работе контактного провода. Шарнирность соединения контактного провода с поперечным тросом позволяет применять безизоляционный подвес только на прямых участках пути.



Фиг. 198. Концевой и струновой зажимы.

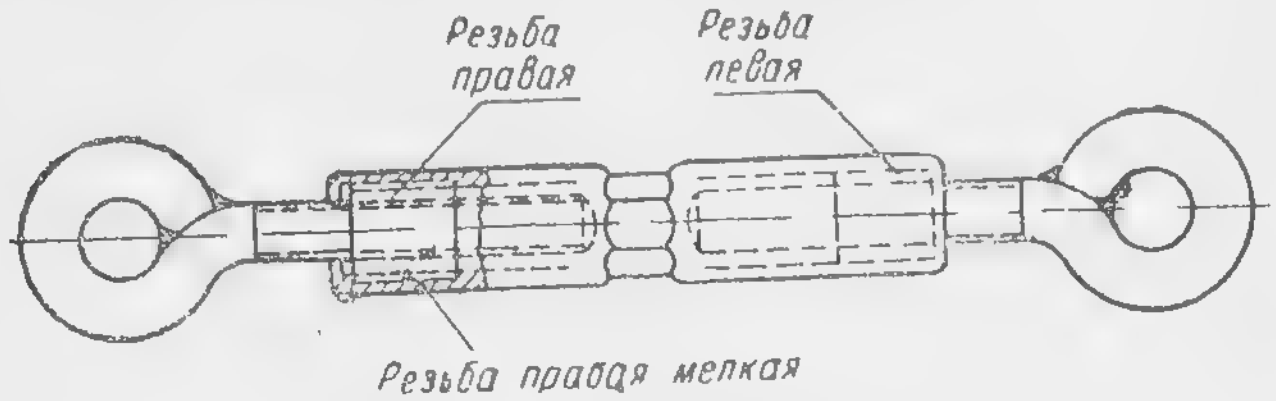
Опыт эксплоатации сети московского трамвая показал, что при гибком безизоляционном подвесе износ контактного провода уменьшается на 20 ÷ 25%.

Анкеровка контактного провода и соединение его с тросом осуществляются с помощью концевого зажима (фиг. 198), изготовляемого из ковкого чугуна. Контактный провод огибает специальный клин, заводится в корпус зажима и закрепляется в нем (ГОСТ 3283—46).

Для соединения стальной проволоки и гибкого троса под углом применяется струновой зажим (см. фиг. 198), изготовляемый из полосового железа. Проволока крепится к валику, а гибкий трос заводится в зажим и закрепляется в нем с помощью специального бугеля.

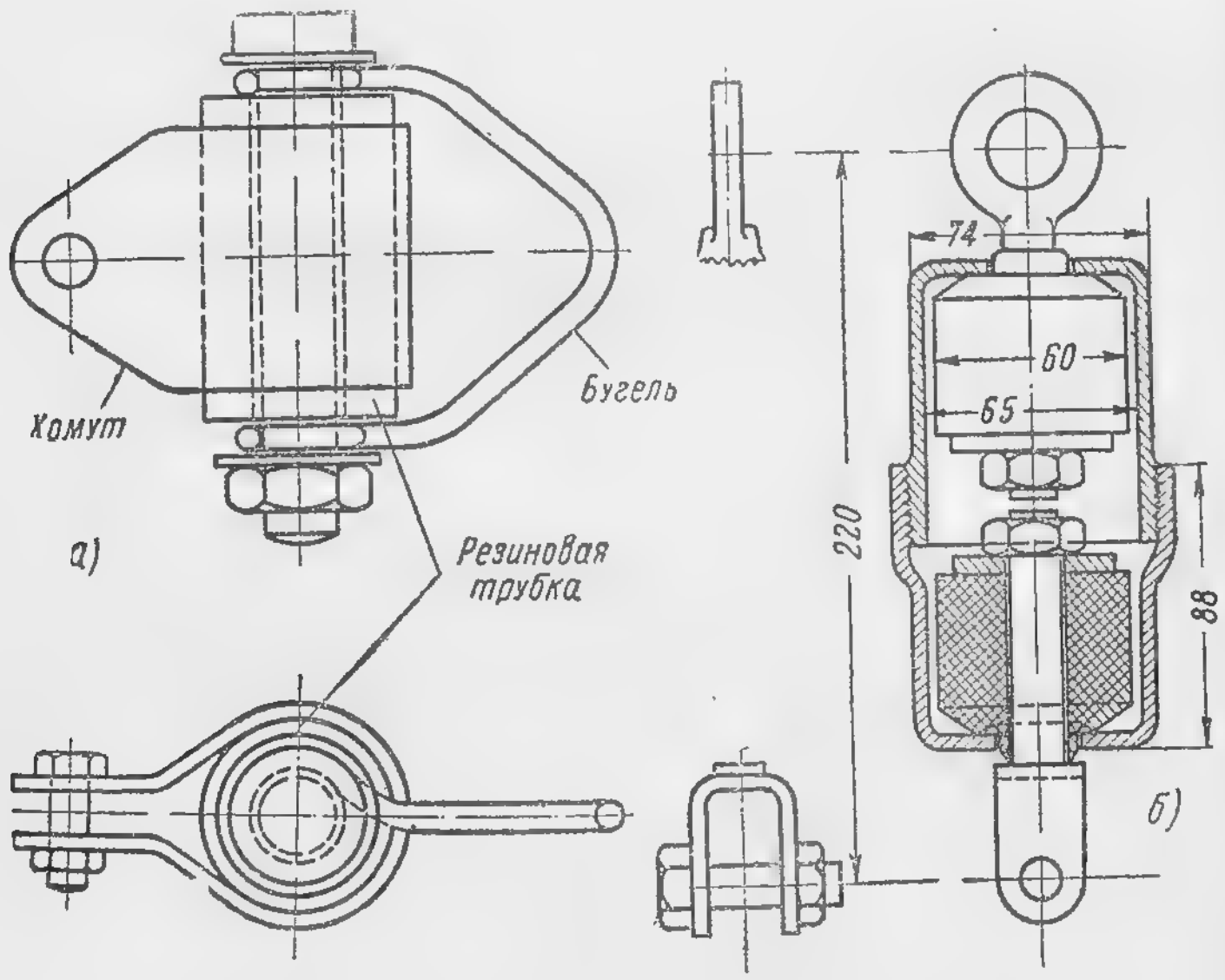
Крепление поперечного троса или контактного провода (при анкеровке) на опоре осуществляется при помощи хо-

мутов из полосового железа. Для деревянных опор хомуты изготовляются из двух половин, соединяемых болтами, а для металлических — цельными, неразъемными.



Фиг. 199. Стяжная муфта.

Для регулирования натяжения поперечного троса, высоты контактного провода и его положения относительно оси пути применяются стяжные муфты (фиг. 199).



Фиг. 200. Шумоглушители.

Стяжные муфты (ГОСТ 3535—47) имеют ход винта 100 и 300 мм и воспринимают усилие 500 и 1200 кг.

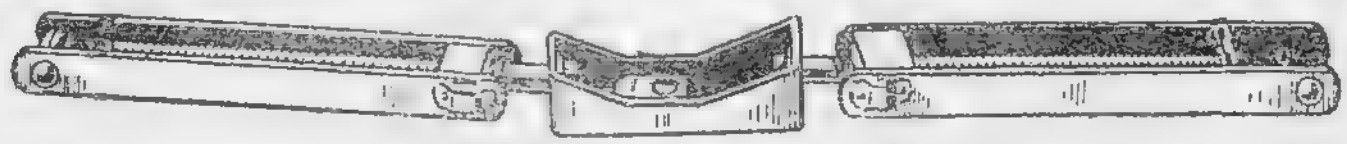
Для крепления подвески к стенам зданий служит стенной крюк, который рассчитывается на усилие 500 ÷ 600 кг. Если требуется воспринять большое усилие, применяются два крюка, соединяемые коромыслом.

Для соединения встречающихся под углом нескольких тросов (не менее трех) применяются воздушные кольца, изготовляемые из круглого железа, или плоские диски, с отверстиями для крепления тросов.

Для предохранения от передачи шума стенам здания через поперечный трос применяется шумоглушитель, представляющий собой полый цилиндр из вулканизированной резины.

В одной конструкции шумоглушителя (фиг. 200, а) внутрь резинового цилиндра вводится специальный болт, выступающие части которого охватываются проволочным бугелем. С наружной стороны резиновый цилиндр охватывается плоской пряжкой. Шумоглушитель рассчитан на усилие $500 \div 600$ кг. Для большей надежности соединяются последовательно два таких шумоглушителя.

Другая конструкция шумоглушителя (фиг. 200, б) представляет собой литой стакан с двумя ушками и отверстием на дне. В стакан вставляется резиновый полый цилиндр, заглушающий шум. Этот шумоглушитель рассчитан на усилие до 1000 кг. Для компенсирования температурных изменений контактного провода через каждые $500 \div 600$ м в разрезе провода ставится температурный винт (фиг. 201).



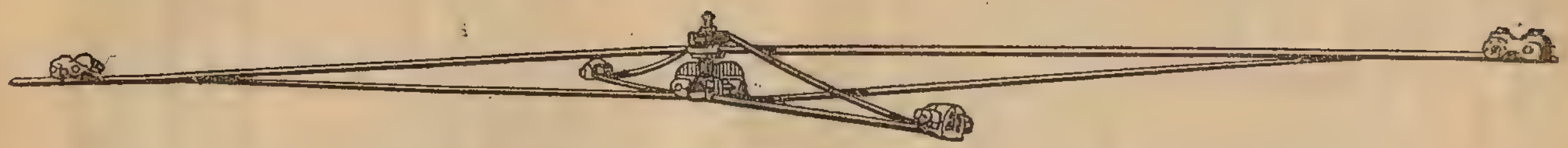
Фиг. 201. Температурный винт.

При пересечении трамвайных контакных проводов, если угол встречи больше 30°, применяется воздушная крестовина (фиг. 202). При пересечении с троллейбусными проводами устанавливается крестовина особой конструкции.

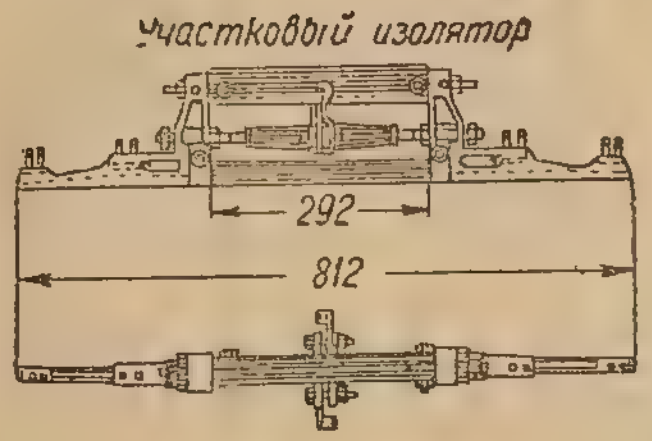
Для надежности работы контактной сети она разбивается на ряд отдельно питаемых участков, разделяемых секционными изоляторами. Секционные изоляторы (фиг. 203) изготовляются двух типов: с деревянной вставкой и с воздушным промежутком.

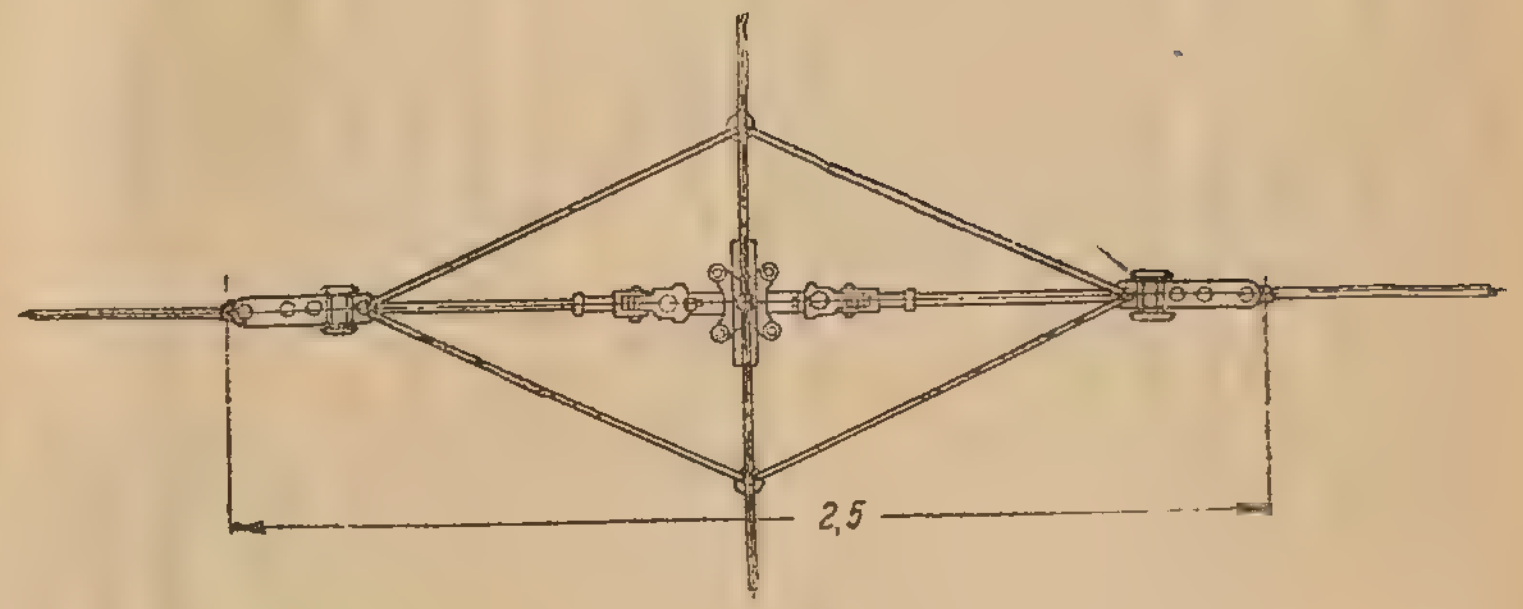
Недостатком изоляторов с деревянной вставкой являются сложность конструкции (отливок) и большая сосредоточенная масса. Это вредно отражается на работе контактного провода около места заделки в изолятор.

Другая конструкция секционного изолятора, предложенная П. Д. Сычевым (Ленинград), собирается почти исклю-



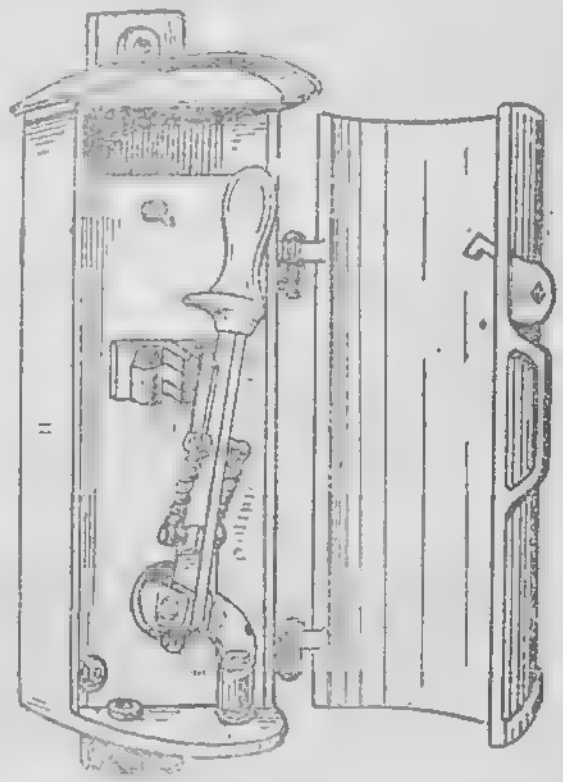
Фиг. 202. Воздушная крестовина.





Фиг. 203. Секционный изолятор.

чительно из обычных деталей подвесной арматуры (см. фиг. 203). Вместо деревянной вставки в нижней части сделаны два воздушных промежутка из байдратов. Конструкция изолятора позволяет обойтись без сложных отливок, довольно легка, не боится подгорания и улучшает работу контактного провода. Секционный изолятор с воздушным промежутком неприменим для роликового токоприемника. В этом случае используется конструкция с деревянной вставкой.



Фиг. 204. Секционный выключатель.

Для быстрого включения и выключения двух соседних участков контактной сети на секционных изоляторах устанавливаются рубильники, включение и выключение которых производится при помощи особой штанги. Другой способ выключения сети заключается в устройстве специального секционного выключателя в виде рубильника (фиг. 204).

Для защиты контактной сети от атмосферных разрядов устанавливается роговой разрядник (громоотвод). В черте города при наличии высоких зданий громоотводы могут не ставиться.

138. ВИДЫ ПОДВЕСКИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

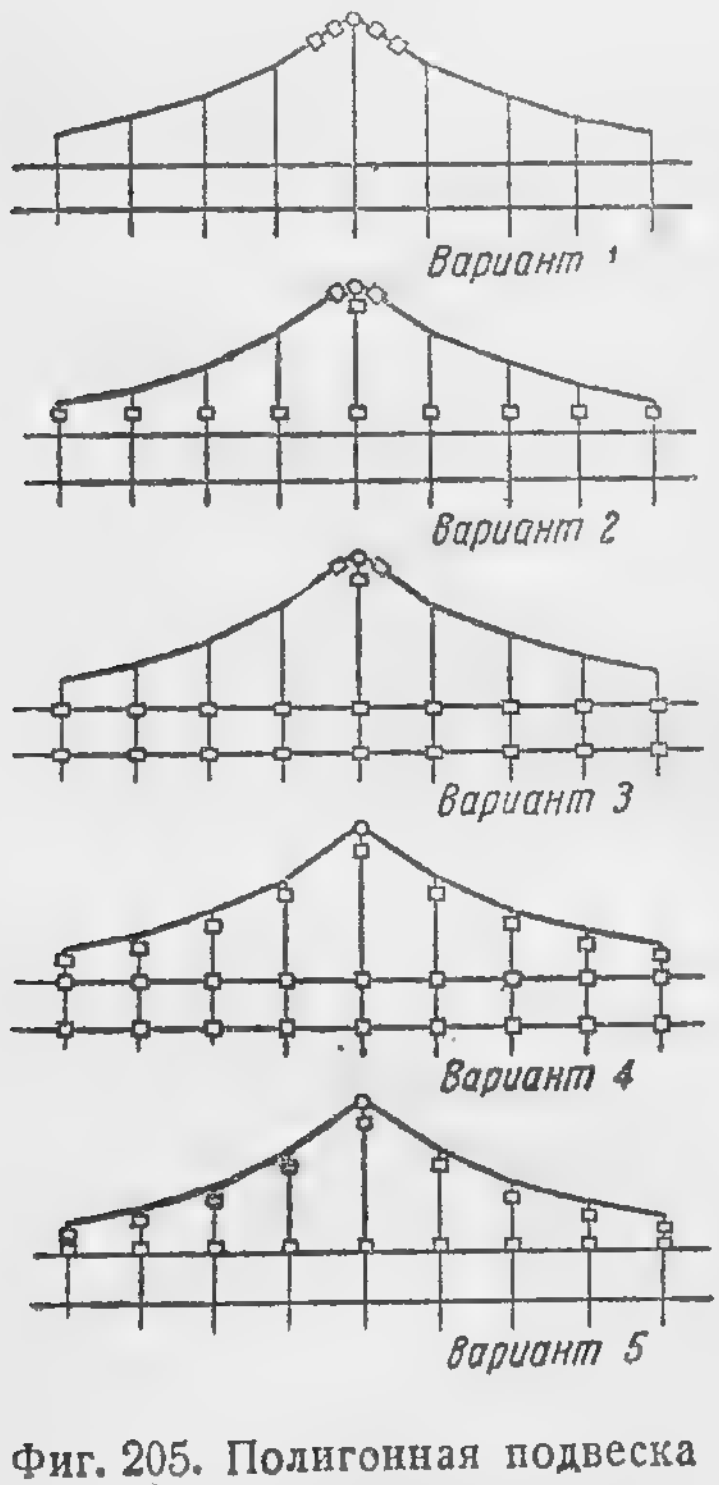
Подвеска контактного провода на кронштейнах применяется в случаях, когда ширина улицы позволяет ставить опоры между путями (центральная подвеска), или вдоль бульваров (при расположении путей по обе стороны бульвара), а также на загородных линиях, когда путь проложен на собственном полотне.

Преимуществом подвески на кронштейнах является отсутствие поперечных тросов, пересекающих улицу. При деревянных опорах подвеска на кронштейнах требует больше металла, чем поперечная.

В городских условиях подвеска на кронштейнах все более и более вытесняется поперечной подвеской. На загородных линиях, в особенности при укладке путей на собственном полотне, применяется преимущественно центральная подвеска на кронштейнах.

При поперечной подвеске контактный провод подвешивается на гибких поперечинах, которые крепятся к опорам, расположенным около тротуаров, а иногда и за линией домов, или к стенам здания. Преимуществом поперечной подвески является освобождение проезжей части улицы от загромождающих ее опор, а также возможность быстрого устранения повреждений.

На загородных линиях поперечная подвеска применяется только в тех случаях, когда трамвай проходит по недостаточно широкому шоссе или при укладке путей на собственном полотне, когда по каким-либо соображениям невозможно применение широкого междупутья.



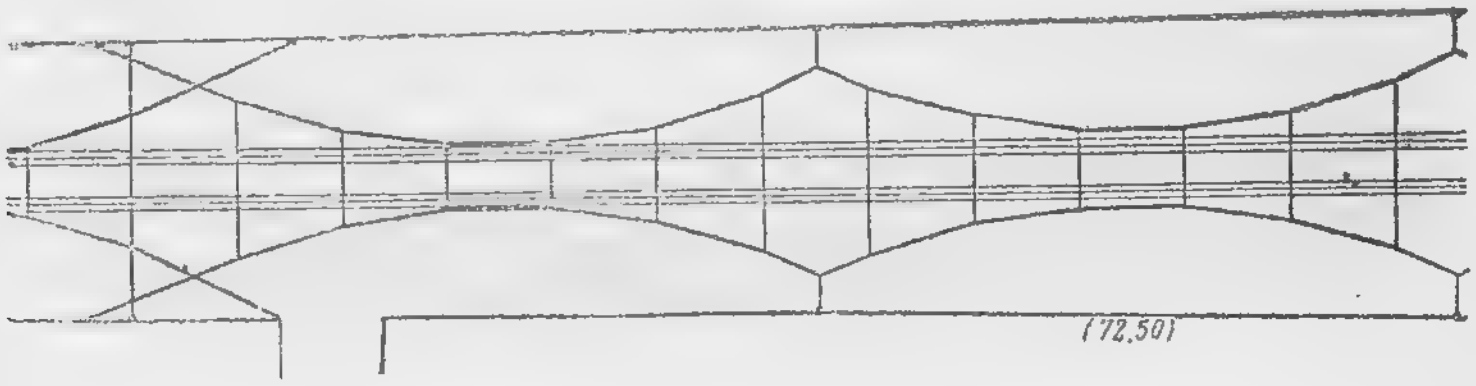
Фиг. 205. Полигонная подвеска провода.

Полигонная или плоскоцепная подвеска представляет собой систему двух несущих тросов, расположенных в наклонных плоскостях. К наклонным тросам крепятся поперечные тросы, к которым подвешивается контактный провод. Расстояние между точками подвеса контактного провода принимается 12—15 м при возможном расстоянии между опорами, к которым крепится несущий трос 60 м и более. Уменьшение пролета между точками подвеса провода улучшает токосъем, создает более равномерный износ контактного провода и тем самым повышает срок его службы. Кроме того, полигонная подвеска дает возможность повысить скорость подвижного состава трамвая. Для изоляции контактного провода от опорных конструкций при полигонной подвеске применяются различные системы: 1) система с двойной изоляцией в несущем тросе около опор; 2) система с одним изолятором на несущем тросе около опоры и другим — в поперечном тросе у места его крепления к несущему тросу; 3) система с одним изолятором на несущем тросе у опоры

и другим — между контактным проводом и поперечным тросом; 4) система с одним изолятором в поперечном тросе около несущего и другим — между контактным проводом и поперечным тросом и 5) система с двойной изоляцией в поперечном тросе.

На фиг. 205 показаны различные варианты схем изоляции полигонной подвески. Область применения той или иной системы изоляции зависит от местных условий.

Полигонная подвеска (фиг. 206) применяется в тех случаях, когда необходимо освободиться от большого количества опор или перекрыть одним пролетом большие площади, на которых по соображениям эстетики или благоустройства нужно совершенно освободиться от опор.



Фиг. 206. Полигонная подвеска провода.

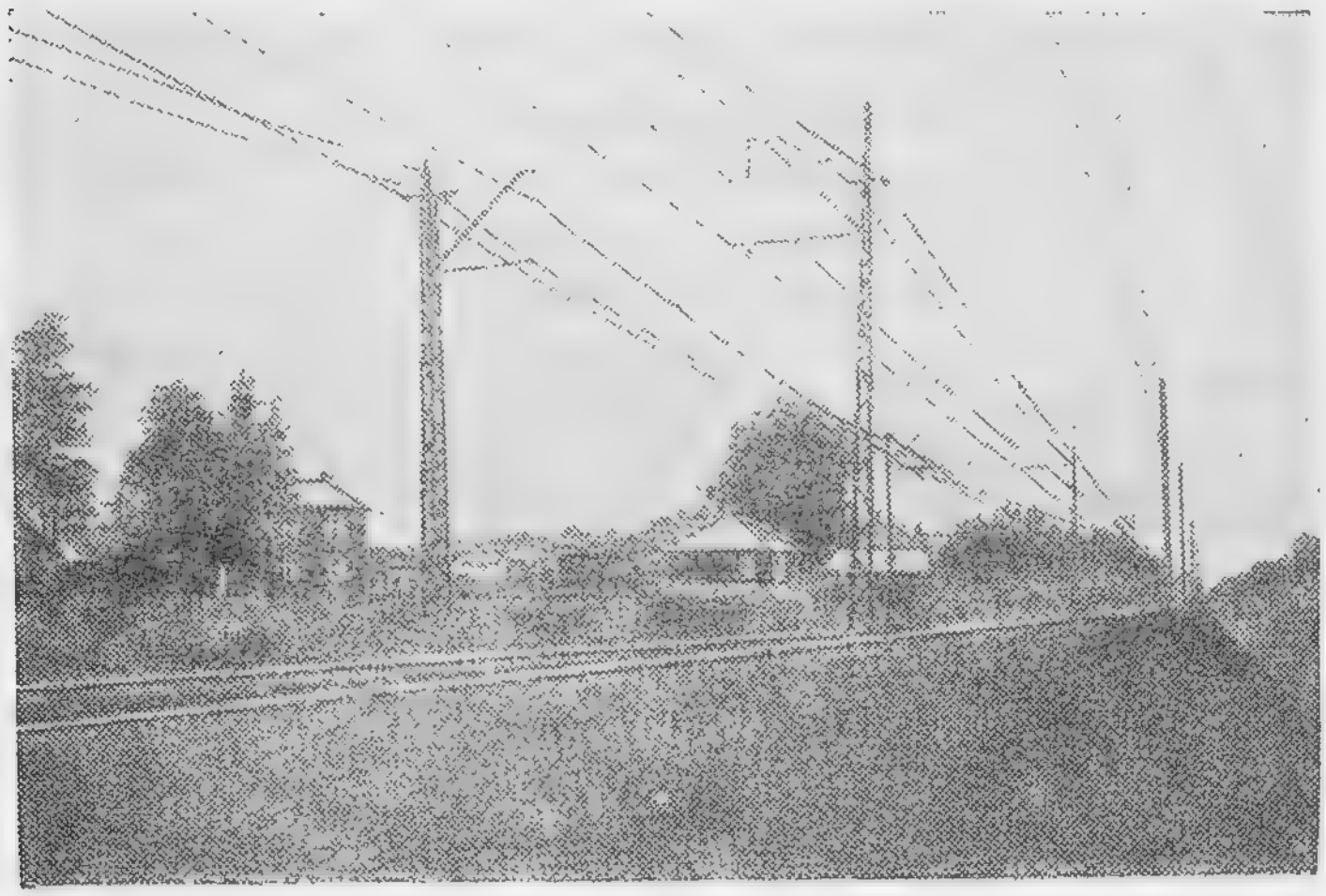
Если по всей длине трамвайной линии имеется возможность крепить подвеску к стенам зданий, то применение полигонной подвески не рационально.

Цепная подвеска контактного провода применяется на вылетных загородных линиях, особенно имеющих обособленное полотно. На городских улицах применение цепной подвески не целесообразно, так как она загромождает улицы междупутными опорами или экономически невыгодна при использовании поперечных тросов.

Цепная подвеска по типу магистральных железных дорог состоит из несущего троса, к которому в одной вертикальной плоскости крепится через $12 \div 15$ м контактный провод. Крепление осуществляется с помощью струн. Пролет между точками крепления несущего троса к опорам может, так же как и при полигонной подвеске, доходить до 60 м и более.

Изоляция сети при цепной подвеске осуществляется как в несущем тросе, так и в точках фиксации контактного провода от поперечных колебаний. Несущий трос может быть изолирован штыревым фарфоровым изолятором или двумя натяжными (пряжковыми) изоляторами. Фиксация может

быть осуществлена по типу электрических железных дорог или в виде подвески на кронштейне. Изоляция в точке фи-



Фиг. 207. Цепная подвеска.

ксации рекомендуется двойная. На фиг. 207 показана цепная подвеска, примененная на одной из загородных линий Ленинграда.

139. ВИДЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДВЕСКИ КОНТАКТНОГО ПРОВОДА

К особым устройствам контактной сети можно отнести: пересечение с железными дорогами; подвеску контактного провода на обычных и разводных мостах, под путепроводами и в вагонных сараях (депо), пересечения трамвайной сети с контактными проводами троллейбуса.

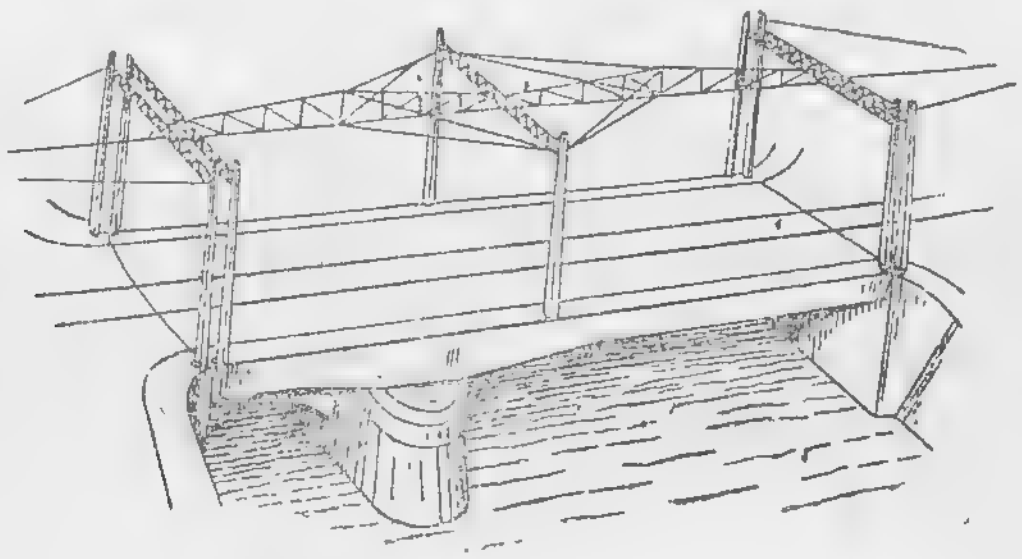
При пересечении трамвайной линии с железнодорожной, не имеющей контактных проводов, контактные провода трамвайных путей подвешиваются над железнодорожными путями без перерыва. Для защиты переезда употребляются шлагбаумы и красные фонари, зажигаемые при наступлении темноты.

Высота подвески контактных проводов трамвая должна быть не менее 5,75 м от головки железнодорожных рельсов при наибольших нагрузке и температуре воздуха.

На мостах часто невозможно устанавливать опоры для подвески контактных проводов из-за конструктивных особенностей моста или по эстетическим соображениям.

В тех случаях, когда столбы устанавливаются только на берегу, и пролет получается большим (100 м и больше), применяются особые способы подвески контактных проводов.

На концах моста устанавливают четыре мощных опоры достаточной высоты. Между каждыми двумя опорами натягивают (вдоль оси моста) крепкий стальной трос, к которому через 15 ÷ 20 м присоединяют поперечные тросы. На поперечных тросах подвешивается контактный провод.



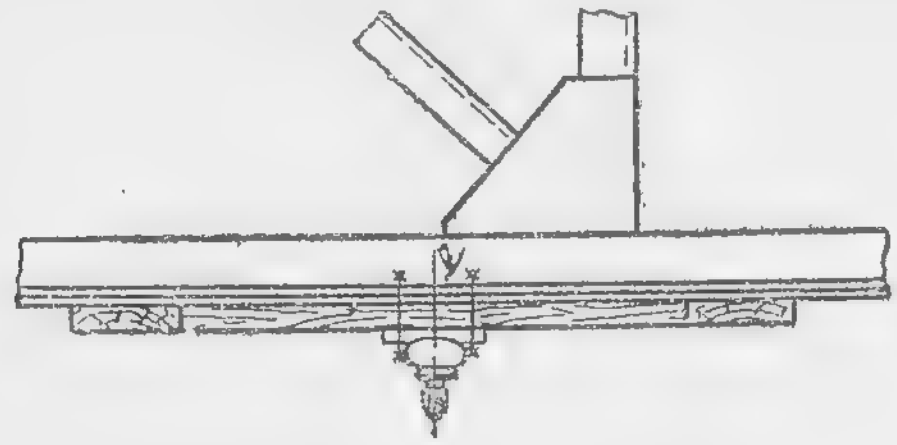
Фиг. 208. Подвеска контактного провода на разводном мосту.

Во время разведения мостов контактные провода на разводной части моста должны быть обесточены.

При применении разводных мостов в пункте стыка с берегом с каждой стороны моста устанавливают по две сильных металлических опоры с поперечинами, к которым закрепляют (анкеруют) концы контактных проводов (фиг. 208). На самом мосту устанавливают также по две опоры на его концах и две опоры посредине. Включение и выключение контактных проводов на мосту обычно происходит автоматически при помощи особых замыкающих приспособлений, находящихся в месте стыка контактных проводов на мосту с проводами на берегу.

При подвеске контактных проводов под путепроводами высота их понижается до 4200 мм, так как большинство путепроводов расположено довольно низко. Под путепроводом устраивается настил из досок, к которому привинчиваются изолятородержатели особого потолочного типа, несущие контактные провода. На фиг. 209 показана подвеска провода под путепроводом для дугового токоприемника.

Подвеска контактного провода в вагонных сараях (депо) производится обычно на поперечных тросах, закрепленных



Фиг. 209. Подвеска контактного провода под путепроводом.

при помощи стенных крюков. Для прохода контактных проводов через ворота вагонного сарая в их верхней части делается отверстие размером 200 × 200 мм.

140. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ КОНТАКТНОГО ПРОВОДА С ГОРОДСКИМИ ВОЗДУШНЫМИ ЭЛЕКТРОСЕТЯМИ

Пересечение проводов слабого тока с контактными проводами трамвая допускается только в самом пролете (между точками подвеса). Закрепление проводов этих двух различных категорий к одной опоре запрещается.

В местах пересечения проводов слабого тока с трамвайными проводами для предупреждения опасности от падения проводов слабого тока на контактные провода применяются следующие меры:

а) группа проводов заключается в воздушный или подземный кабель; в первом случае кабель подвешивается на тросе;

б) воздушные голые провода связи защищаются подвеской предохранительных проводов.

Предохранительные провода (не менее двух) располагаются на высоте 0,5 м над контактным проводом и на расстоянии 0,3 м по горизонтали в сторону от него.

Предохранительные провода должны иметь длину не менее 5 м в каждую сторону от точки пересечения с проводами слабого тока и сечение не менее 10 мм². Они должны обладать четырехкратным запасом прочности на разрыв для невыгоднейших условий нагрузки. Соединение предохранительных проводов в точках крепления производится металлически, заземление осуществляется к рельсам и должно выполняться очень тщательно.

Применение защитных сеток не допускается.

Помимо перечисленных мер необходимо, чтобы:

а) наименьшее расстояние по вертикали между контактными проводами и проводами слабого тока было не менее 1,5 м;

б) угол между пересекающимися проводами слабого тока и контактными был по возможности близок к 90° и во всяком случае не менее 45°;

в) опоры линий слабого тока, пересекающих контактные провода, были анкерного типа, т. е. рассчитаны на односторонний обрыв всех проводов пролета;

г) провода слабого тока и тросы, поддерживающие воздушные кабели, имели не менее четырехкратного запаса прочности при самых неблагоприятных условиях нагрузки и не имели сростков в пролете.

Для сокращения числа мест пересечения необходимо по возможности все провода слабого тока, пересекающие контактные провода, собирать в общие пролеты.

При подвеске проводов слабого тока вдоль линии контактных проводов трамвая не допускается совместное закрепление проводов на одних и тех же опорах. Исключение допускается только для проводов слабого тока, обслуживающих исключительно контактные провода (дистанционное управление секционными изоляторами, провода управления стрелками и т. д.).

Опоры для проводов слабого тока, идущие параллельно контактной сети трамвая, должны располагаться вне опор контактной сети. Если отнести опоры проводов слабого тока за опоры контактной сети невозможно, то на поперечных тросах ставятся проволочные крючки, которые улавливают оборванные провода связи и не дают им соскользнуть по тросу и коснуться контактных проводов.

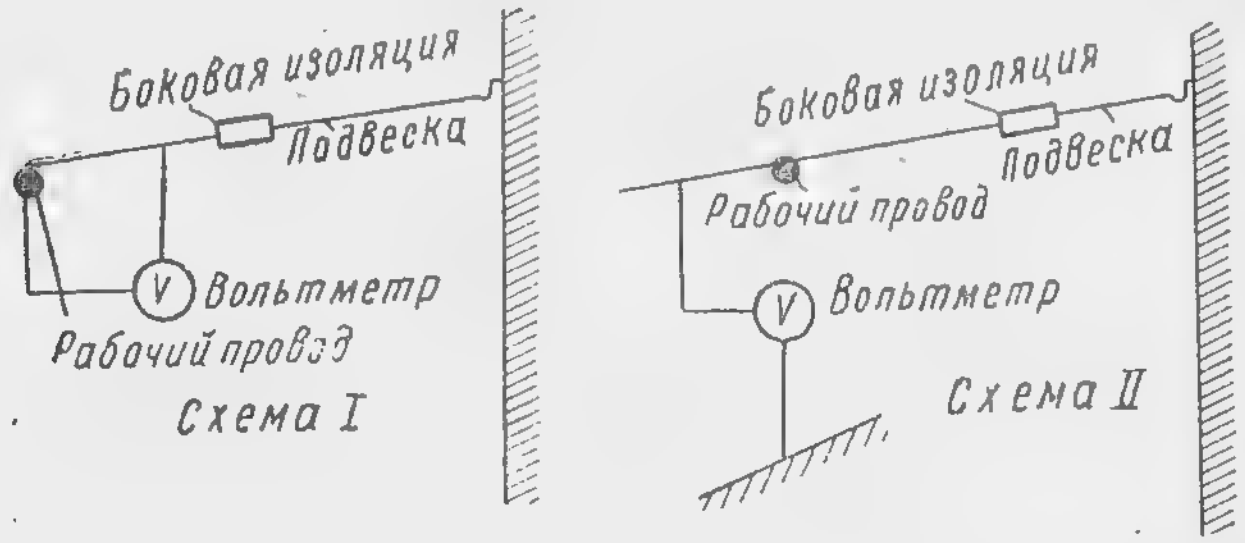
141. ИЗМЕРЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Проверка изоляции контактной сети состоит главным образом в измерении осенью или весной электрического сопротивления изоляторов.

Измерения производятся вольтметром с большим сопротивлением. Он приключается к контактной сети при помощи двух бамбуковых удочек с проложенными внутри проводами. Схемы для измерения изоляции сети приведены на фиг. 210.

По схеме I проверяется изоляция пряжковых или фарфоровых изоляторов, монтируемых в поперечном тросе, по

схеме II — изоляция между контактным проводом и поперечным тросом.



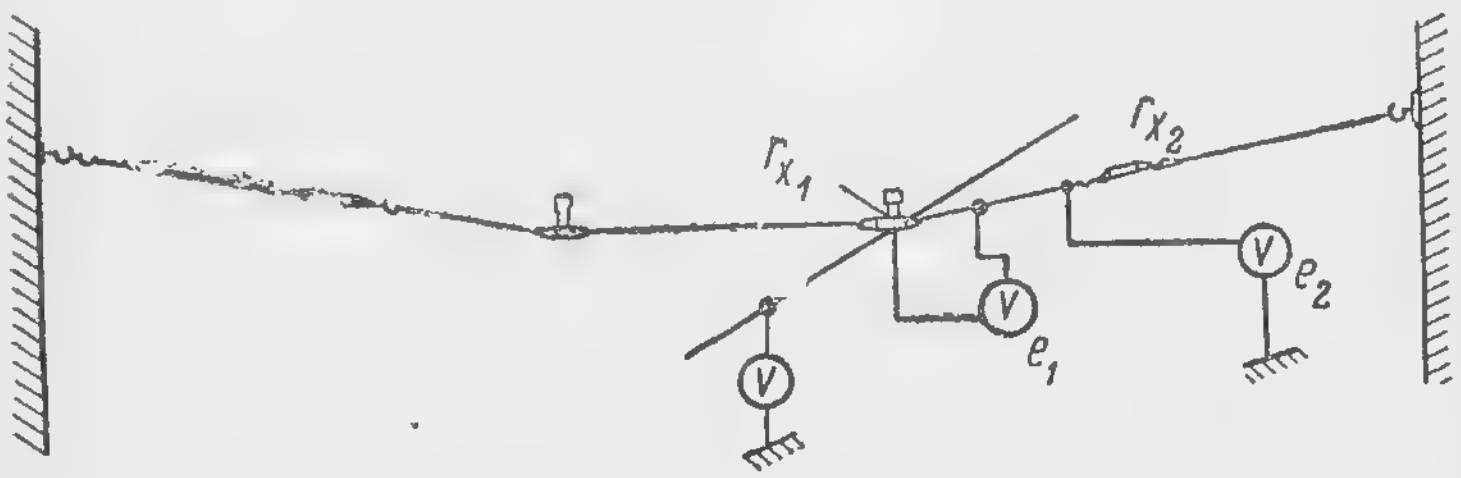
Фиг. 210. Схема измерения изоляции сети.

Для определения сопротивления каждого изолятора в отдельности может быть применена схема, приведенная на фиг. 211. Согласно этой схеме сопротивление изоляции определяется по формуле:

$$r_{x_1} = \frac{R}{l_2}(U - l_1 - l_2);$$

$$r_{x_2} = \frac{R}{l_2}(U - l_1 - l_2),$$

где: R — сопротивление вольтметра в ом;
U — напряжение сети в в;
l_1 и l_2 — показания вольтметра в в.



Фиг. 211. Схема измерения изоляции сети.

Данные измерений заносятся в журнал, где отмечается: время измерения, номера опор, показания вольтметра, напряжение сети и сопротивления.

Помимо измерений необходимо производить тщательный осмотр изоляторов для проверки их механической прочности. Все замеченные дефекты фиксируются и устраняются.

Измерения и наблюдения за состоянием изоляции кон-

тактной сети необходимо производить не реже раза в год. За рабочий день два работника могут осуществить измерение изоляции одиночного пути на протяжении 1 км.

142. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРАМВАЙНОЙ СЕТИ

Особенности работы трамвайных сетей определяются, в основном, характером их нагрузок (токов), потребляемых движущимися на линии поездами. Эти нагрузки непрерывно меняются по величине в зависимости от профиля пути, скорости движения и способа ведения поезда. Они колеблются от нуля до максимальной величины при пуске или на подъеме. При рекуперативном торможении нагрузки могут быть и отрицательными; кроме того, непрерывно меняются места приложения нагрузок в связи с изменением местоположения поездов, потребляющих нагрузки.

Наиболее простым и распространенным методом определения нагрузок на сети трамвая является метод равномерно распределенной нагрузки. Сущность его заключается в том, что действительные движущиеся и переменные по величине нагрузки заменяются равномерно распределенной по линии нагрузкой, равной средней арифметической величине действительной нагрузки. После этого расчет сети производится методами расчета стационарных сетей.

Средние нагрузки определяют аналитически, исходя из величин работы поезда (на ободе колеса) при пробеге определенного участка в обе стороны.

Величина работы A на определенном участке, отнесенная к 1 т веса поезда, представляет собой сумму трех величин:

$$A = A_1 + m \cdot A_2 + m \cdot A_3,$$

где: A_1 — работа, идущая на преодоление сопротивления движению и подъемов на 1 т веса поезда в кгм;
A_2 — работа, теряемая при торможении;
A_3 — работа, теряемая при пуске в пусковых сопротивлениях, отнесенная на 1 т веса поезда и приходящаяся на один пуск или одно торможение;
m — число пусков и торможений на участке.

Работа A определяется методом, изложенным в п. 115 раздела IV.

Средний ток на участке для определенного веса поезда при некоторой частоте движения t мин. определяется по формуле:

$$I_t = \frac{k \cdot 9{,}81}{60 \cdot U_c} \cdot \frac{A \cdot G}{t},$$

где: U_c — среднее напряжение в контактной сети, принимаемое для расчетов 550 в;

k — коэфициент, учитывающий некоторое увеличение теоретических нагрузок вследствие отклонения движения вагонов от теоретического графика и добавления нагрузки на освещение вагонов и остановочных пунктов. Практически k принимается $1{,}2 \div 1{,}25$;

G — вес поезда с пассажирами.

Расчетные участки выбираются по возможности с однородным профилем, частотой движения и количеством остановок на единицу длины.

При определении нагрузок на трамвайной сети целесообразно составлять таблицу нагрузок по приводимой форме (табл. 118).

Таблица 118

Форма для определения нагрузок

Границы расчетного участка	Длина участка L, м	№№ проходящих по участку маршрутов	Вес поезда с пассажирами G, т	Число пусков и торможений на участке, т	Интервалы между поездами t, мин.	Работа A_1, кгм	Сумма работ $A_2 + A_3$, кгм	Работа $A = A_1 = (A_2 + A_3)$, кгм	Сила тока для каждого маршрута, а	Суммарная сила тока на участке ΣI, а
4—5	470	1	18,5	2	3,25	10500	2450	15400	31,3	80,6
		3	24,5		4,5				30,0	
		4	24,5		7,0				19,3	

Целью электрического расчета трамвайной сети является: определение падения напряжения до отдельных точек сети от соответствующих питающих или отсасывающих пунктов (поверочный расчет) или выбор месторасположения отсасывающих и питающих пунктов, месторасположения и количества тяговых подстанций, удовлетворяющих нормам падения и напряжения в трамвайных сетях.

К расчету сети предъявляются следующие требования.

1. Среднее суммарное падение напряжения в конечных пунктах нигде во всей сети не должно превышать 10%.

2. Падение напряжения в рельсовой сети не должно вы-

ходить из пределов, допускаемых «Правилами защиты подземных металлических сооружений от коррозии блуждающими токами», утвержденными Наркомхозом РСФСР в 1940 г.

Согласно этим правилам, разность потенциалов между двумя любыми точками рельсовой сети в черте города при средних нагрузках, отнесенных к 24 часам работы, не должна превышать 2,5 в, а в пригородной зоне — 2 в на 1 км пути по прямому направлению.

Кроме того, вычисленная средняя величина падения напряжения на любом участке пути городской трамвайной сети при круглосуточной работе трамвая не должна превышать 0,35 в на 100 м пути.

3. Потери энергии во всей сети должны находиться в наивыгоднейших пределах с экономической стороны.

Это требование о наиболее выгодном с экономической стороны подборе величины падения напряжения в сети вытекает из зависимости, существующей между стоимостью теряемой в проводах энергии и ежегодными отчислениями на капитал, затраченный на провода и кабели.

143. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРАМВАЙНОЙ СЕТИ

Сопротивление рельсового пути длиной 1 км определяется по формуле:

$$r_p = \frac{1{,}5}{n \cdot g_p} \text{ ом/км},$$

где: r_p — сопротивление 1 км рельсового пути в ом;
g_p — вес 1 пог. м нитки рельса в кг;
n — число параллельных ниток рельса в пути.

Наличие стыков увеличивает сопротивление рельсов. Согласно правилам, сопротивление вследствие наличия стыков следует принимать в расчетах равным 20% от сопротивления целого рельса.

В табл. 119 приведены величины сопротивления рельсового пути различных типов.

Указанные выше нормы падения напряжения в рельсах относятся к 24 часам работы трамвая. Средние нагрузки обычно определяются ко времени выпуска 100% вагонов.

Чтобы не пересчитывать нагрузки на условия 24-часовой работы, расчет рельсовой сети для сокращения подсчетов можно вести на нагрузки максимального выпуска вагонов. При этом допустимые правилами падения напряжения в рельсах умножают на величину, обратную отношению вре-

Таблица 119

Сопротивление рельсов в зависимости от их типа

Тип рельсов	Вес рельсов g_p, кг/пог. м	Сопротивление на 1 км пути, ом		Эквивалентное по меди сечение двухколейного пути
		одноколейного	двухколейного	
Виньоль I-А	43,56	$20{,}7 \cdot 10^{-3}$	$10{,}35 \cdot 10^{-3}$	1700
Виньоль II-А	38,42	$23{,}4 \cdot 10^{-3}$	$11{,}7 \cdot 10^{-3}$	1500
Виньоль III-А	33,48	$27 \cdot 10^{-3}$	$13{,}5 \cdot 10^{-3}$	1300
Феникс для прямых, высотой 180 мм .	55,17	$16{,}2 \cdot 10^{-3}$	$8{,}1 \cdot 10^{-3}$	2160
То же, высотой 160 мм	46,59	$19{,}2 \cdot 10^{-3}$	$9{,}6 \cdot 10^{-3}$	1820

мени движения поездов при максимальном выпуске T к 24 часам.

Тогда допускаемая разность потенциалов составит:

1. Между двумя любыми точками рельсовой сети в черте города:

$$\Delta U_p = \frac{2{,}5 \cdot 24}{T} \text{ в.}$$

2. На любом участке пути городской сети длиной 100 м:

$$\Delta U_p = \frac{0{,}35 \cdot 24}{T} \text{ в.}$$

3. В пригородной зоне:

$$\Delta U_p = \frac{2 \cdot 24}{T} \text{ в.}$$

Сопротивление контактной сети длиной 1 км определяется по формуле:

$$r_k = \frac{1000}{K \cdot q_k \cdot m\,(0{,}9 \div 0{,}89)} \text{ ом/км,}$$

где: r_k — сопротивление контактной сети в ом;
K — проводимость контактного провода, выражаемая в сименсах и равная для меди 56;
q_k — сечение контактного провода в мм²;
m — число параллельных проводов в контактной сети;
$0{,}9 \div 0{,}85$ — коэффициент, учитывающий средний износ контактного провода.

Расчет трамвайной сети проводится аналитическим методом, основанным на применении теории вероятностей.

Этот метод подробно разработан в книге проф. В. Е. Розенфельд «Расчет тяговых сетей», изданной в 1937 г.

Аналитический метод сводится к тому, что расчет сети производится по нагрузкам, как бы равномерно распределенным на каждом расчетном участке. При этом соответствующие расчетные величины умножаются на поправочные коэффициенты, учитывающие число поездов на участке, характер графика движения поезда и характер поездного тока.

144. РАСЧЕТ РЕЛЬСОВОЙ СЕТИ

Расчет рельсовой сети производится для определения падения напряжения в рельсах до токораздела или до конца линии при одностороннем отсасывании, отвечающем нормам падения напряжения в рельсах.

Для этого устанавливается ряд отсасывающих пунктов таким образом, чтобы ни в одной точке рельсовой сети падение напряжения не выходило из пределов, допускаемых правилами.

Падения напряжения до токоразделов в рельсовой сети определяются с учетом теории вероятностей по формулам: для участков, питаемых с двух и более сторон:

$$\Delta U_p = \frac{I \cdot r_p \cdot L}{8} \cdot \left(1 + \frac{1}{3N}\right) \text{в};$$

для участков с односторонним питанием:

$$\Delta U_p = \frac{I \cdot r_p \cdot L}{2} \text{ в},$$

где: I — нагрузка участка в а;
L — длина участка в км;
r_p — сопротивление 1 км рельсового пути в ом;
N — число поездов, одновременно находящихся между отсасывающими пунктами.

145. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВА ПОДСТАНЦИЙ

После определения количества и месторасположения отсасывающих пунктов, удовлетворяющих нормам падения напряжения в рельсах, производится выбор количества и местоположения питающих подстанций. Радиус действия одной подстанции, по практическим данным, колеблется в преде-

лах 2,5 ÷ 5 км, в зависимости от удельной нагрузки на 1 км линии.

Ориентировочный выбор оптимальной мощности подстанции, а следовательно, и количества питающих данную сеть трамвая подстанций, может быть произведен по формулам инж. А. Х. Зильберталя, имеющим, после некоторых упрощений, следующий вид:

$$I_n = 185 \sqrt[3]{\frac{I}{F}}\, a \quad \text{— для разветвленной сети,}$$

$$I_n = (100 \div 110) \sqrt{\frac{I}{L}}\, a \quad \text{— для вылетных линий,}$$

где: $\frac{I}{F}$ — плотность тока в разветвленной сети в а на 1 км^2,

$\frac{I}{L}$ — линейная плотность тока вылетной линии в а на 1 км.

После определения количества подстанций, от которых предполагается осуществлять питание сети, проводится расчет их местоположения. Зная нагрузки отсасывающих пунктов и их расположение по плану города, теоретическое местоположение подстанций можно определить как центр тяжести нагрузок отсасывающих пунктов. Для этого выбираются произвольно оси координат центра тяжести подстанций по формулам:

$$X = \frac{\Sigma I_a \cdot X_a}{\Sigma I_a}; \qquad Y = \frac{\Sigma I_a \cdot Y_a}{\Sigma I_a},$$

где: X и Y — искомые координаты центра тяжести подстанций;

I_a — нагрузка отсасывающего пункта;

X_a и Y_a — координаты соответствующих отсасывающих пунктов.

Наиболее экономично решение, когда площадка, предоставляемая для постройки подстанции, совпадает или близка к теоретическому расположению подстанции.

146. РАСЧЕТ ОТСАСЫВАЮЩИХ ФИДЕРОВ

Зная местоположение подстанции и отсасывающих пунктов, можно выбрать сечения отсасывающих фидеров и наиболее экономичные падения напряжения в них.

Сечения коротких кабелей выбираются по плотности тока.

Их сопротивления для получения того же падения напряжения, как и в длинных кабелях, искусственно увеличиваются до необходимой величины путем включения особых регулировочных реостатов.

Сечения длинных кабелей рассчитываются на падение напряжения в них по формуле:

$$q_k = \frac{I \cdot L}{k \cdot \Delta U_0} \text{ мм}^2,$$

где: I — сила тока в кабеле в а;
L — длина кабеля в м;
k — проводимость меди, равная 56;
ΔU_o — падение напряжения в кабеле в в:

В этой формуле мы имеем две неизвестных величины q_k и ΔU_o. Для определения сечения кабеля необходимо установить наивыгоднейшее падение напряжения в нем ΔU_o, при котором стоимость эксплоатации кабеля будет равна стоимости потерянной в нем энергии.

Это наивыгоднейшее падение напряжения для всех проводов данной подстанции определяется по формуле:

$$\Delta U_0 = \sqrt{\frac{\gamma \cdot d \cdot S \cdot p \cdot 1000}{k \cdot H \cdot r}} \cdot \sqrt{\frac{\Sigma L^2}{\Sigma I}},$$

где: $[I]$ — сила тока провода в а;
L — длина провода в км;
γ — удельный вес меди, равный 8,9;
d — отношение стоимости провода к стоимости меди в нем;
S — стоимость 1 кг меди в руб.;
p — ежегодные отчисления на затраченный капитал, на уплату процентов и прочее;
k — производимость меди, равная 56;
H — число часов работы провода за год с учетом добавочных часов работы трамвая (нулевые пробеги, пробные поездки и прочее);
r — стоимость 1 квтч энергии в руб.

Первый радикал формулы представляет собой наивыгоднейшее падение напряжения на 1 км длины кабеля, второй радикал — среднюю приведенную длину всех отсасывающих кабелей данной подстанции.

Подставив значение ΔU_o, можно определить теоретическое сечение кабеля. Далее, заменяя это сечение ближайшим нормальным сечением, согласно ОСТ на кабели, опре-

деляют действительное падение напряжения в кабеле с учетом теории вероятностей по формуле:

$$\Delta U_0 = \frac{\Sigma \cdot IL}{k \cdot q_k}\left(1 + \frac{\alpha - 1}{N}\right) \text{ в},$$

где: N — число поездов, одновременно работающих на участках, питаемых данным проводом;

α — отношение всего времени движения поезда ко времени движения его под током; для трамвая может быть принято равным 2.

Для выравнивания падения напряжения в отдельных проводах одной подстанции в провода, имеющие падение напряжения менее максимальной величины одного из проводов, включаются регулировочные реостаты. Сопротивление этих реостатов определяется по формуле:

$$r = \frac{\Delta U_{max} - \Delta U_a}{I_a} \text{ ом},$$

где: ΔU_{max} — максимальное падение напряжения в каком-либо из проводов одной подстанции в в;

ΔU_a — падение напряжения в данном проводе той же подстанции в в;

I_a — сила тока данного провода.

147. РАСЧЕТ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Расчет контактной сети начинается с разбивки ее на ряд участков, питаемых каждый от своего питающего провода (секционирование сети), с помощью участковых изоляторов. После этого производился выбор сечения контактного провода. Из трех нормированных сечений контактного провода (65, 85 и 100 мм²) чаще всего применяется сечением 65 и 85 мм².

Расчет контактной сети производится на падение напряжения в ней с тем, чтобы падение напряжения во всех элементах токопроводного устройства не выходило из пределов допустимого, т. е. 60 в.

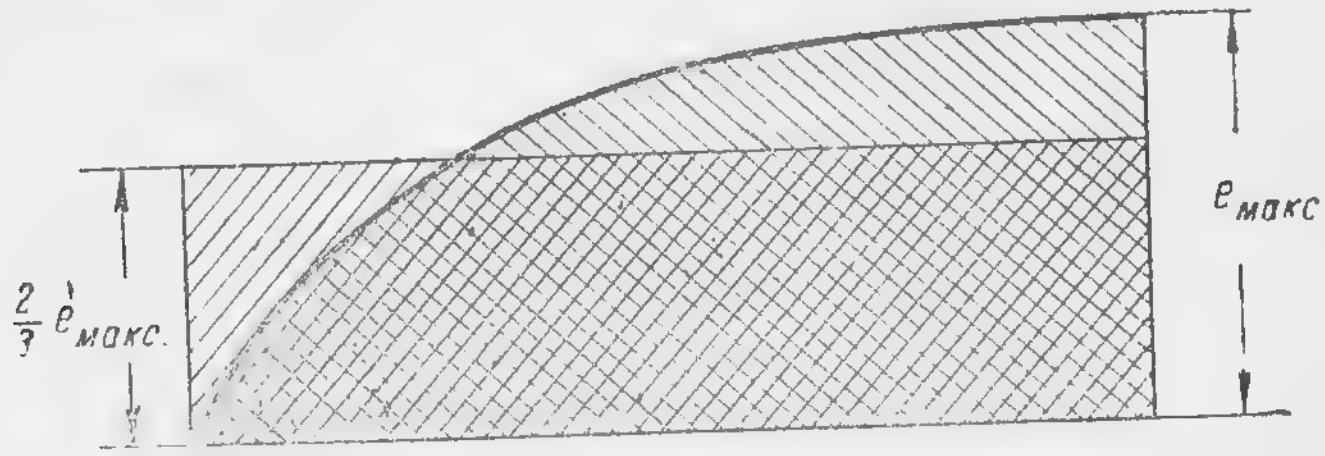
Допустимое падение напряжения в контактной сети и питающих проводах будет:

$$\Delta U_k + \Delta U_n \leqslant 60 - (\Delta U_p + \Delta U_0).$$

Определение наивыгоднейшего падения напряжения в питающих проводах производится так же, как и в отсасывающих проводах.

При расчете контактной сети следует иметь в виду, что при равномерно распределенной нагрузке падение напряжения на участке будет изменяться по параболе.

Средняя величина падения напряжения, от которой зависит время хода поезда по маршруту, может быть представлена высотой прямоугольника, равновеликого площади, ограниченной параболой и осью абсцисс (фиг. 212). Высота



Фиг. 212. Диаграмма падения напряжения.

этого прямоугольника равна $^2/_3$ максимальной высоты параболы. Следовательно, среднее падение напряжения на участке в контактной сети и рельсах будет равно $^2/_3$ от падения напряжения на конце того же участка.

Среднее падение напряжения в контактной сети с учетом теории вероятностей определяется по формуле:

$$\Delta U_k = \frac{I \cdot r_k \cdot L}{3}\left(1 + \frac{3\alpha - 2}{2N}\right) \text{в},$$

где обозначения те же, что и в предыдущих формулах.

148. РАСЧЕТ ПИТАЮЩИХ ФИДЕРОВ

Сечение питающих фидеров определяется по допустимому падению напряжения по формуле:

$$q_k = \frac{I \cdot L}{k \cdot \Delta U_n}$$

и проверяется для коротких фидеров по плотности тока.

После выбора сечения питающих фидеров определяется действительное падение напряжения в нем с учетом теории вероятностей по формуле:

$$\Delta U_n = \frac{I \cdot L}{k \cdot q_k} \cdot \left(1 + \frac{\alpha - 1}{N}\right) \text{в}.$$

Зная падения напряжения во всех элементах токопроводного устройства для всех участков сети, можно составить таблицу суммарного среднего падения напряжения в трамвайной сети.

149. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПОДСТАНЦИИ

При определении мощности подстанции следует учитывать особенность характера трамвайной нагрузки, выражающуюся в появлении кратковременных пиков, значительно превышающих среднюю нагрузку данной подстанции. Выбор типа и числа рабочих агрегатов следует производить таким образом, чтобы подстанция была в состоянии принимать на себя пиковую нагрузку без повреждения агрегатов и аппаратов. Целесообразно принимать в расчет лишь те значения пиковой нагрузки, которые могут возникать достаточно часто. Пики, имеющие очень большие значения и редко встречающиеся, должны быть отключены автоматами; их отключение не создает неудобств в эксплоатации, а мощность устанавливаемых на подстанции агрегатов при этом может быть значительно снижена.

Чем больше поездов в районе данной подстанции, тем ближе потребная мощность подстанции к средней мощности, потребляемой поездами.

Определение рабочей мощности наиболее целесообразно производить, пользуясь выводами, сделанными проф. В. Е. Розенфельдом и Н. Н. Костромитиным; эти выводы наиболее близки к действительности.

В зависимости от нагревающего тока, номинальный ток преобразователя должен быть равен или больше:

$$I_н \geqslant I_{ср} \sqrt{1 + \frac{\beta}{N}},$$

где: $I_н$ — номинальный ток преобразователя;

$I_{ср}$ — средний ток, приходящийся на подстанцию;

β — коэффициент, показывающий отношение разности квадратов среднего квадратичного и среднего арифметического токов к квадрату среднего арифметического тока, т. е.

$$\beta = I \frac{I_{II}^2 - I^2}{I^2},$$

для средних условий согласно опытным данным β может быть принятой равной 0,8;

N — число поездов, приходящихся на данную подстанцию.

Проверка по перегрузочной способности агрегатов производится по формуле:

$$I_н \geqslant I_{ср}\left[1 + \frac{3{,}9\sqrt{\beta}}{\sqrt{N}} + \frac{1{,}9(\gamma - 3\beta)}{N \cdot \beta}\right] \cdot \frac{1}{\xi},$$

где: γ — коэффициент, показывающий отношение разности кубов среднего кубического и среднего арифметического токов к кубу среднего арифметического тока, т. е.

$$\gamma = \frac{I_{II}^3 - I^3}{I^3},$$

для средних условий, согласно опытным данным γ может быть принята равной 4;

ξ — коэффициент перегрузочной способности преобразователя, принимаемый равным 2.

В табл. 120 приведены значения коэффициентов $\sqrt{1+\frac{\beta}{N}}$

и $\left[1+\frac{3{,}6\sqrt{\beta}}{\sqrt{N}}+\frac{1{,}9(\gamma-3\beta)}{N\cdot\beta}\right]\cdot\frac{1}{\xi}$

для различных количеств поездов, приходящихся на подстанцию.

Таблица 120

Значения коэффициентов для расчета мощности подстанции

Число поездов на подстанцию N	$\sqrt{1+\frac{\beta}{N}}$	$\left[1+\frac{3{,}6\sqrt{\beta}}{\sqrt{N}}+\frac{1{,}9(\gamma-3\beta)}{N\cdot\beta}\right]\cdot\frac{1}{\xi}$	Расчетное значение коэффициента
5	1,078	1,60	1,600
10	1,040	1,20	1,200
15	1,028	1,04	1,040
20	1,020	1,00	1,020
25	1,017	1,00	1,017
30	1,014	1,00	1,014

Раздел VIII

ТЯГОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ

150. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДСТАНЦИЙ

Электрические станции общего пользования в СССР вырабатывают трехфазный ток 50 гц (герц). Для питания подвижного состава трамваев и троллейбусов необходим постоянный ток до 600 в. Для понижения и преобразования тока сооружаются тяговые подстанции.

Трамвайные подстанции разделяются на:

а) стационарные и передвижные (по подвижности);

б) ручные, автоматические, телеуправляемые (по способу управления);

в) независимые и совмещенные с районными или заводскими подстанциями или электростанциями (по связи с другими электростанциями и подстанциями);

г) моторгенераторные, преобразовательные, выпрямительные и смешанные (по типу преобразовательных агрегатов);

д) открытые, полуоткрытые (по планировке);

е) одноэтажные, двухэтажные, смешанные (по типу здания).

Передвижные подстанции могут применяться для:

а) резервирования (нормального или аварийного) рабочих агрегатов на стационарных подстанциях;

б) питания линий в случае кратковременного интенсивного движения (массовые перевозки);

в) питания новых трамвайных и троллейбусных линий до постройки стационарных подстанций;

г) питания временных грузовых веток;

д) резервирования питающих кабелей вылетных линий.

151. ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОЯКОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Векторная диаграмма э. д. с. якоря трехфазного одноякорного преобразователя представляется в виде правильного

треугольника, вписанного в круг Оссана[1]. Из векторной диаграммы отношение диаметра (выпрямленное напряжение между щетками различной полярности на коллекторе) к хорде (амплитуда переменного напряжения) определяется формулой:

$$U_g = \frac{U_k \cdot \sqrt{2}}{\sin \frac{\pi}{m}},$$

где: U_k — эффективное значение напряжения между соседними кольцами;

U_g — выпрямленное напряжение;

m — число фаз переменного тока питающего кольца.

Однако это соотношение справедливо лишь при строго синусоидальном распределении магнитной индукции в междужелезном пространстве, которое достижимо только при равномерно распределенной обмотке. При обычной конструкции одноякорного преобразователя с выступающими полюсами соотношение $\frac{U_k}{U_g}$ меняется с изменением $\frac{l_p}{\tau}$ (табл. 121), где: l_p — длина полюсной дуги в см; τ — длина полюсного деления.

Таблица 121

Зависимость $\frac{U_k}{U_g}$ от $\frac{l_p}{\tau}$ и от m

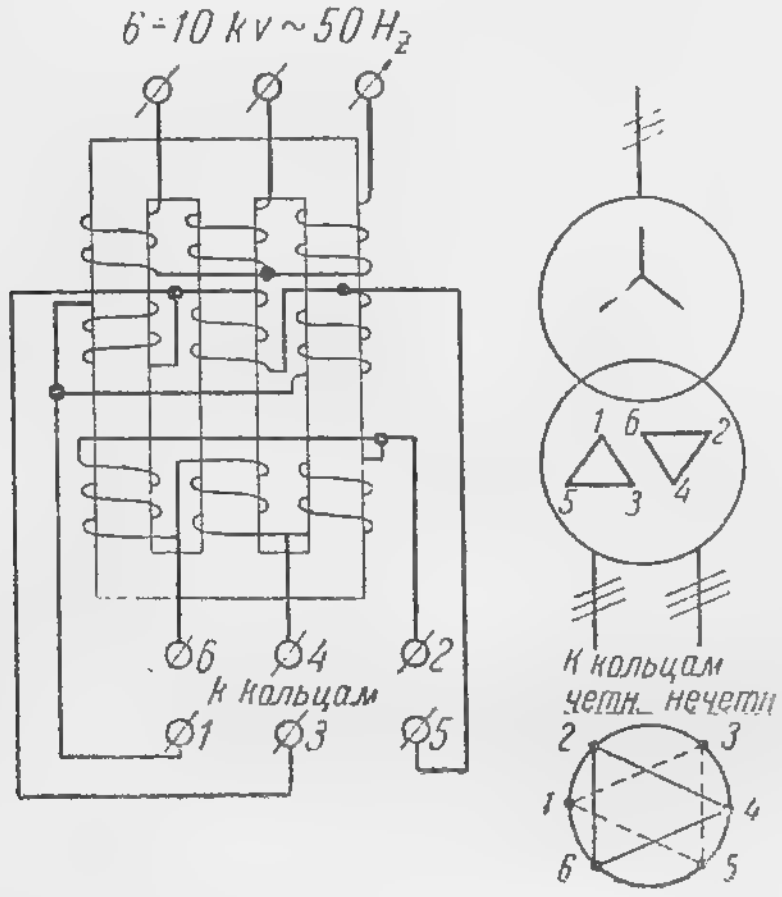
$\frac{l_p}{\tau}$	0,8	0,75	Синусоидальное поле	0,7	0,65	0,6	0,55
$m = 3$	0,59	0,60	0,612	0,62	0,64	0,66	0,675
$m = 6$	0,34	0,347	0,354	0,356	0,366	0,377	0,387
$m = 12$	0,177	0,182	0,184	0,185	0,192	0,197	0,204

Одноякорные преобразователи трамвайных подстанций делаются шестифазными. Этим значительно снижаются по-

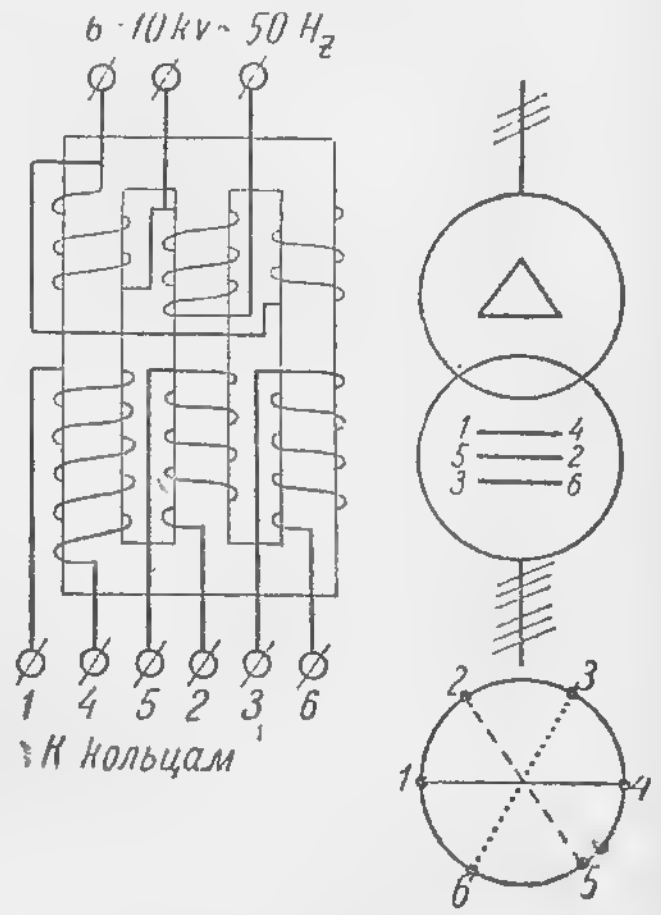
[1] Т. е. в многоугольник с числом сторон, равным числу последовательно соединенных проводников обмотки якоря, в пределе превращающийся в окружность.

тери в якоре преобразователя (по сравнению с трехфазным исполнением) и не вызывается усложнение трансформатора (зигзаг вторичной обмотки), неизбежное при применении двенадцатифазного тока на кольцах.

Для упрощения конструкции трансформатора, питающего кольца одноякорного преобразователя, вторичная их обмотка соединяется в две независимые трехфазные обмотки («два обратных треугольника», фиг. 213) или в три независимые однофазные обмотки («три диаметра», фиг. 214).



Фиг. 213. Схема трансформатора.



Фиг. 214. Схема трансформатора.

При питании колец от двух треугольников: 1) токи третьей гармоники, значительные при малых нагрузках преобразователя, закорачиваются в трансформаторе и не выходят в первичную сеть, 2) несимметрия первичных напряжений почти не передается на кольца преобразователя.

При питании колец от вторичной обмотки, соединенной в три диаметра, трансформатор получается простым и дешевым. Однако для уничтожения третьей гармоники тока желательно соединять первичную обмотку таких трансформаторов треугольником.

Соотношение между выпрямленным током и током на кольцах не зависит от схемы питающего трансформатора.

Из приведения мощностей:

$$\frac{U_g I_g}{\eta} = m U_ф \cdot I_ф \cos \varphi_к.$$

Заменяя фазовый ток и напряжение линейными и полагая $\eta_{on} = 0{,}95$ (одноякорный преобразователь без трансформатора) и $\cos \varphi_k = 1$, приводим в табл. 122 значения $\frac{I_k}{I_g}$ для различных кривых поля (I_k — ток, идущий через контактное кольцо).

Таблица 122

Зависимость $\frac{I_k}{I_g}$ от $\frac{l_p}{\tau}$ (и от m) при $\eta = 0{,}95$ и $\cos \varphi_k = 1$

$\frac{l_p}{\tau}$	0,8	0,75	Синусоидальное поле	0,7	0,65	0,6	0,55
$m = 3$	1,07	1,0	0,963	0,95	0,94	0,93	0,91
$m = 6$	0,518	0,502	0,495	0,494	0,481	0,470	0,458
$m = 12$	0,255	0,252	0,249	0,248	0,242	0,237	0,231

Если $\cos \varphi_k \neq 1$, то отношения, приведенные в табл. 122, следует разделить на действительное значение $\cos \varphi_k$.

Примерные габариты и веса одноякорных преобразователей на 600 в:

$I_g = 1000$ а; $f = 25$ гц; $p = 2$; $n = 375$ об/мин.

Машина с разгонным мотором:

вес — 13,5 т,

размеры плиты — $2{,}5 \times 3{,}5$ м,

габаритная высота — 3 м.

Трансформаторы (трех-однофазные):

вес с маслом — $3 \times 5{,}3 = 16$ т,

габаритные размеры одного трансформатора — $1{,}5 \times 2{,}5$ м,

высота — 2 м.

$I_g = 1000$ а; $f = 50$ гц; $p = 6$; $n = 500$ об/мин;

Машина с разгонным мотором:

вес — 10,5 т,

размер плиты — $2 \times 2{,}7$ м,

высота — 2,5 м.

Трансформатор (один):

вес — 7,5 т,

габаритные размеры — 2 × 2,5 м,
высота — 3 м.

В настоящее время одноякорные преобразователи изготовляются электропромышленностью СССР лишь по специальному заказу; они эксплоатируются в трамваях в сравнительно небольшом количестве и все новые тяговые подстанции строятся с ртутными выпрямителями.

152. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РТУТНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

Принцип действия ртутного выпрямителя (РВ) основан на униполярной проводимости ртутных паров при значительном разрежении. Сущность явления проводимости ртутных паров состоит в следующем: ионизированный тем или иным способом катод из тяжелого металла (ртуть) получает возможность излучать электроны. Электроны под влиянием электрического поля анодов уходят в сосуд выпрямителя и, сталкиваясь там с молекулами ртути, ионизируют их; вновь образовавшиеся электроны движутся к аноду, а положительные ионы — к катоду. Пространство, в котором свободные электроны ионизируют газ, носит название п л а з м ы.

При увеличении температуры сосуда повышается давление ртутных паров и уменьшается диэлектрическая прочность на пробой в «обратном направлении», т. е. на пробой во время нерабочей (запираемой) полуволны анодного напряжения.

Как показали новейшие исследования, повышение температуры сосуда до известных пределов заметно не увеличивает опасности пробоя ртутных паров в обратном направлении. Поэтому многие фирмы увеличили температуру сосудов в эксплоатации. В частности, для выпрямителей заводов «Электросила» им. С. М. Кирова и «Уралэлектроаппарат» допускают температуру сосуда до 40—45° С.

Следствием пробоя ртутных паров в обратном направлении является обратное зажигание, определяемое появлением катодного пятна на аноде.

Основными причинами образования катодного пятна на аноде являются:

1) пробой пленки на поверхности анода, вызванной загрязнением или окислением его рабочей поверхности;

2) повышение давления ртутных паров у анода при зна-

чительной ионизации окружающего анод пространства, например, после погасания анода, несшего большую нагрузку;

3) примеси тяжелых металлов в материале анодов;

4) конденсация ртутных паров на поверхности анода;

5) перенапряжения между анодом и катодом или между анодами.

Использование активных материалов (главным образом меди) в выпрямительных трансформаторах хуже, чем в нормальных трансформаторах. Поэтому электрическая мощность трансформатора больше мощности, отдаваемой выпрямителем на стороне постоянного тока.

Кажущаяся мощность первичной обмотки есть:

$$P_1 = \sqrt{3}\, I_1 U_1 \cos\varphi_1 \cdot KU = \frac{P_2}{\eta},$$

но P_2 выражается через мощность выпрямленного тока:

$$P_2 = P_g \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{2} \cdot \frac{m}{\pi} \cdot \sin\frac{\pi}{m}},$$

а электрическая мощность трансформатора:

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} \cong (1{,}26 \div 1{,}42)\, U_g I_g .$$

Типовая мощность подбирается по электрической мощности трансформатора.

153. КОМПАУНДИРОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Простейшим способом регулирования выпрямленного напряжения было бы изменение анодного напряжения, но такой способ регулировки очень сложен: он требует ступенчатых трансформаторов, потенциал-регуляторов и т. д.

Регулировать выпрямленное напряжение, не изменяя первичного напряжения либо передаточного числа главного трансформатора, можно:

а) применяя всякого рода компаундирующие катушки, т. е. изменяя форму кривой напряжения на анодах;

б) применяя регулировку момента зажигания анодов с помощью сеток.

Принцип работы компаундирующей катушки состоит:

1) в ослаблении работы катушки Кюблера путем ее размагничивания или уменьшения магнитной связи между ее обмотками;

2) в нагрузке выпрямительного трансформатора на цепь, вызывающую деформацию кривой анодного напряжения путем добавления третьей гармоники, амплитуда которой совпадает с амплитудой основной синусоиды.

Недостатки компаундирующих катушек:

1) ухудшение использования трансформатора за счет увеличения коэффициента эффективности анодного тока;

2) искажение кривой первичного тока и, следовательно, уменьшение коэффициента мощности;

3) увеличение потерь энергии в выпрямленном трансформаторе;

4) повышение пульсации выпрямленного напряжения;

5) неспособность компаудирующего устройства компенсировать колебания первичного напряжения и чувствительность его даже к малым колебаниям частоты;

6) недостаточная надежность в эксплоатации (как показал опыт эксплоатации компаундирующих катушек на выпрямительных подстанциях электрических железных дорог);

7) нарушение правильного распределения нагрузок между параллельно работающими агрегатами.

Принцип сеточного регулирования основан на том, что отрицательно заряженная и помещенная перед анодом сетка отталкивает электроны, двигающиеся к ней из плазмы, и может таким образом задержать возникновение дуги. Однако потушить возникшую дугу обычная отрицательно заряженная сетка не может: возникающие вследствие ионизации ртутных паров катионы нейтрализуют ее заряд.

Таким образом, работа управляющей сетки сводится к задержке зажигания анода или к отсечке анодного тока.

154. КОНСТРУКЦИИ РТУТНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Конструкция сосуда ртутных выпрямителей должна обеспечивать полную герметичность. Существующие конструкции сосудов разборных металлических ртутных выпрямителей могут быть со съемными: а) анодной плитой, б) отдельными анодами.

Конструкция с анодной плитой позволяет уменьшить габарит выпрямителя по высоте и высоту машинного зала; необходимая конденсационная поверхность может быть выполнена в форме змеевика, и поэтому не требуется высокая конденсационная камера.

Экономия в 500÷800 мм по высоте выпрямителя позволяет сэкономить 1÷1,5 м по высоте машинного зала; благодаря этому можно вынимать иглу зажигания через верхнюю крышку сосуда.

Сосуд выпрямителя изготовляется из листов мягкой стали (котельного железа) путем сварки всех неразъемных швов атомным водородом. Разъемные соединения корпуса выполняются с уплотнением, обеспечивающим герметичность шва. К вакуумным уплотнениям предъявляются следующие требования:

а) газонепроницаемость (желательно при температуре 60—65° С и выше);

б) стойкость при высоких температурах (отсутствие химического и механического старения при температуре до 60° С);

в) отсутствие окклюдированных газов;

г) простота сборки;

д) длительный срок службы;

е) простота обнаружения места утечки.

Наиболее распространенными в настоящее время являются уплотнения: а) ртутные, б) свинцовые и резиновые.

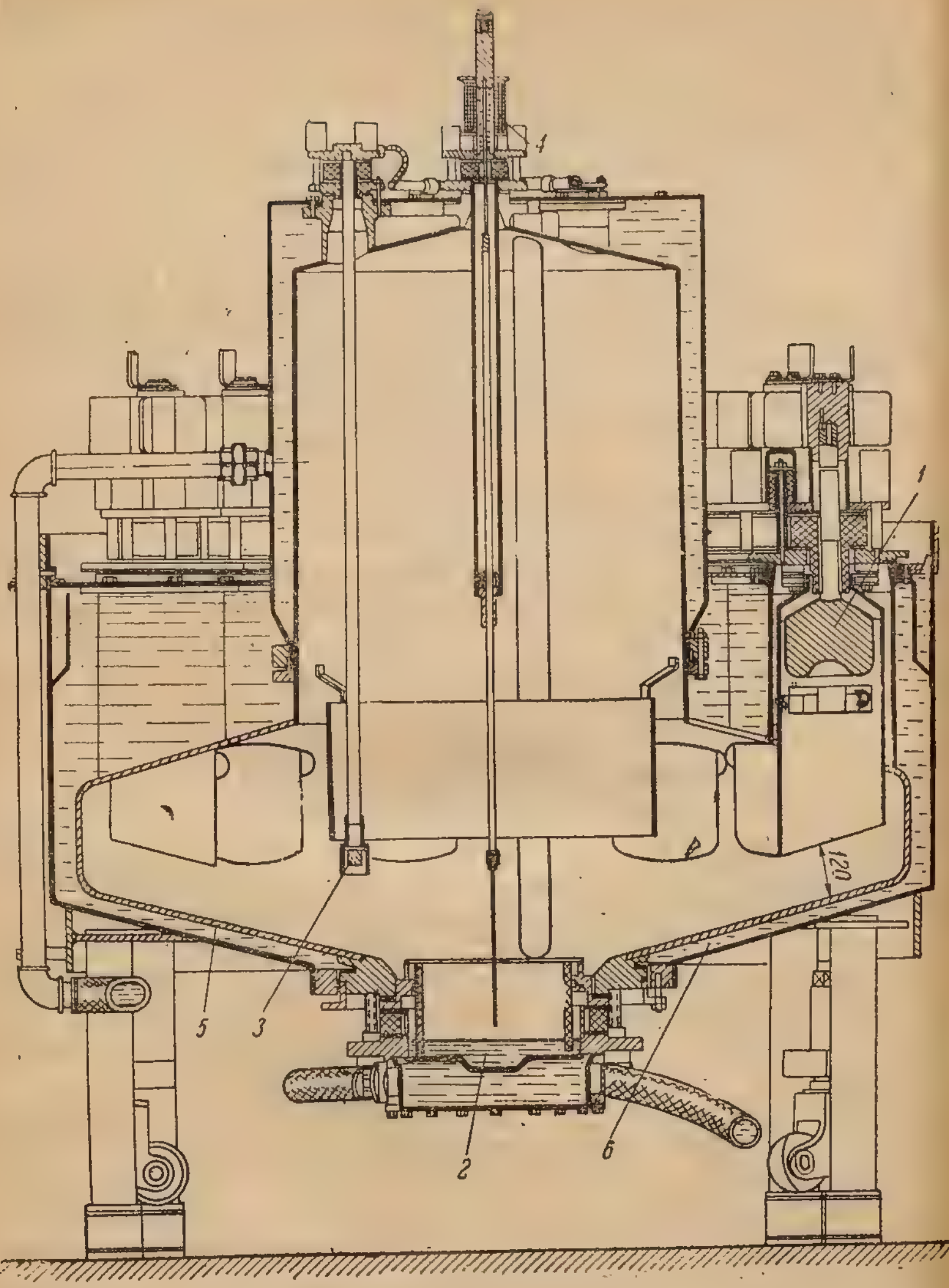
Недостатком ртутных уплотнений является опасность проникновения ртутных паров в атмосферу машинного зала. Недостаток свинцовых уплотнений — трудность сборки. Недостаток резиновых уплотнений — малая стойкость при высоких температурах.

Выпрямители завода «Электросила» обладают резиновыми уплотнениями и отдельными анодами

Конструкция анодов за последние годы значительно изменилась. На смену длинным анодным рукавам с узкой или обращенной к стенкам сосуда горловиной пришли короткие анодные рукава со сравнительно редкой деионизационной решеткой и управляющей сеткой. Переход к коротким анодным рукавам вызван тем, что длинный анодный рукав слабо защищает от обратных зажиганий, затрудняет зажигание дуги и повышает падение напряжения в ней.

Введение управляющей сетки в анодную конструкцию вызвано тем, что сетка позволяет:

1) компаундировать выпрямитель;



Фиг. 215. Охлаждение РВ:

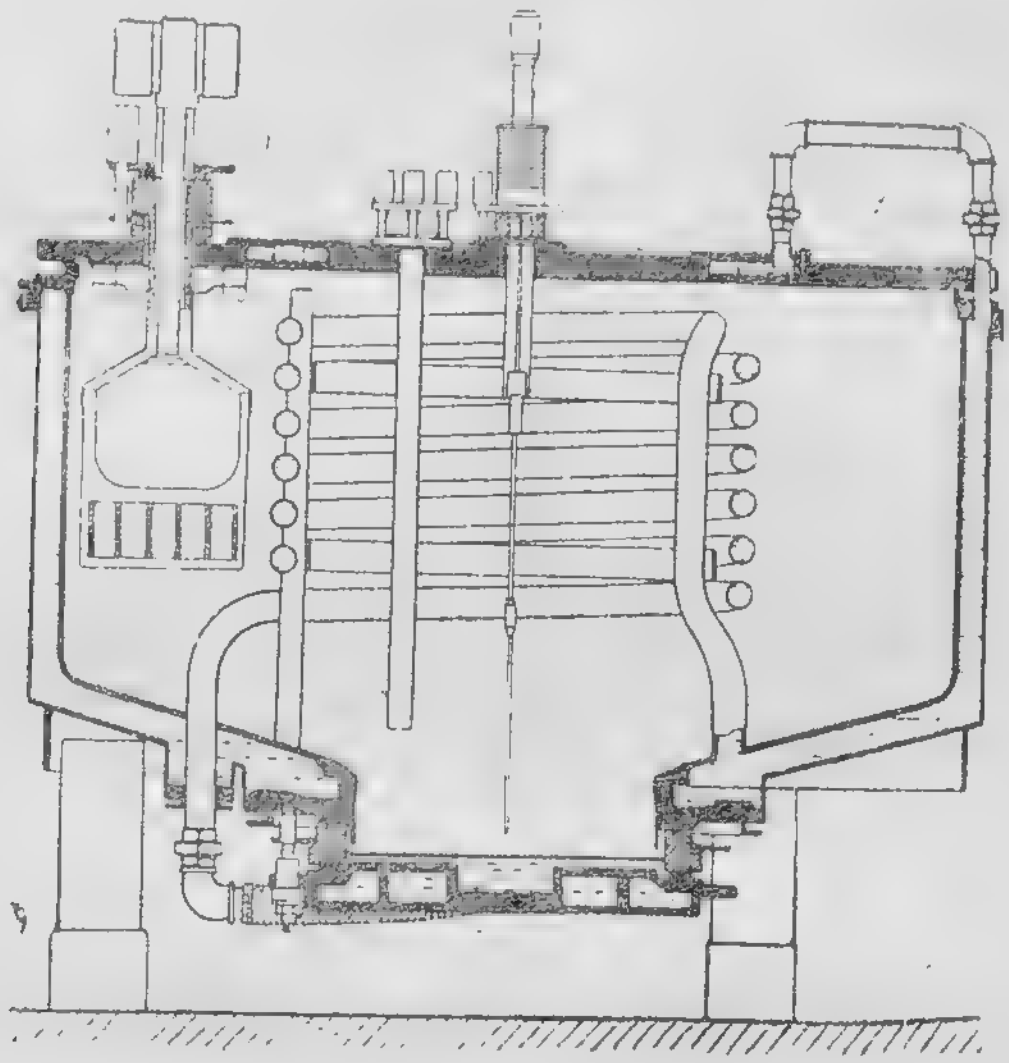
1—главный анод; *2*—катод; *3*—анод возбуждения; *4*—анод зажигания; *5*—вакуумный корпус; *6*—рубашка водяного охлаждения.

427—1

2) осуществить инвертирование рекуперируемой энергии в трехфазную сеть;

3) создать быстродействующую защиту от обратных зажиганий и опасных перегрузок;

4) формовать ртутный выпрямитель без специальных приспособлений.



Фиг. 216. РВ с анодной плитой.

Анодная головка изготовляется из возможно более чистого (химического) железа (обычно из валовой стали) или из чистого графита.

Графитовый анод по сравнению с железным:

1) лучше адсорбцирует следы воздуха в сосуде;

2) позволяет уничтожать следы кислорода при формовке;

3) не смачивается ртутью и не образует амальгамы;

4) лучше отдает теплоту.

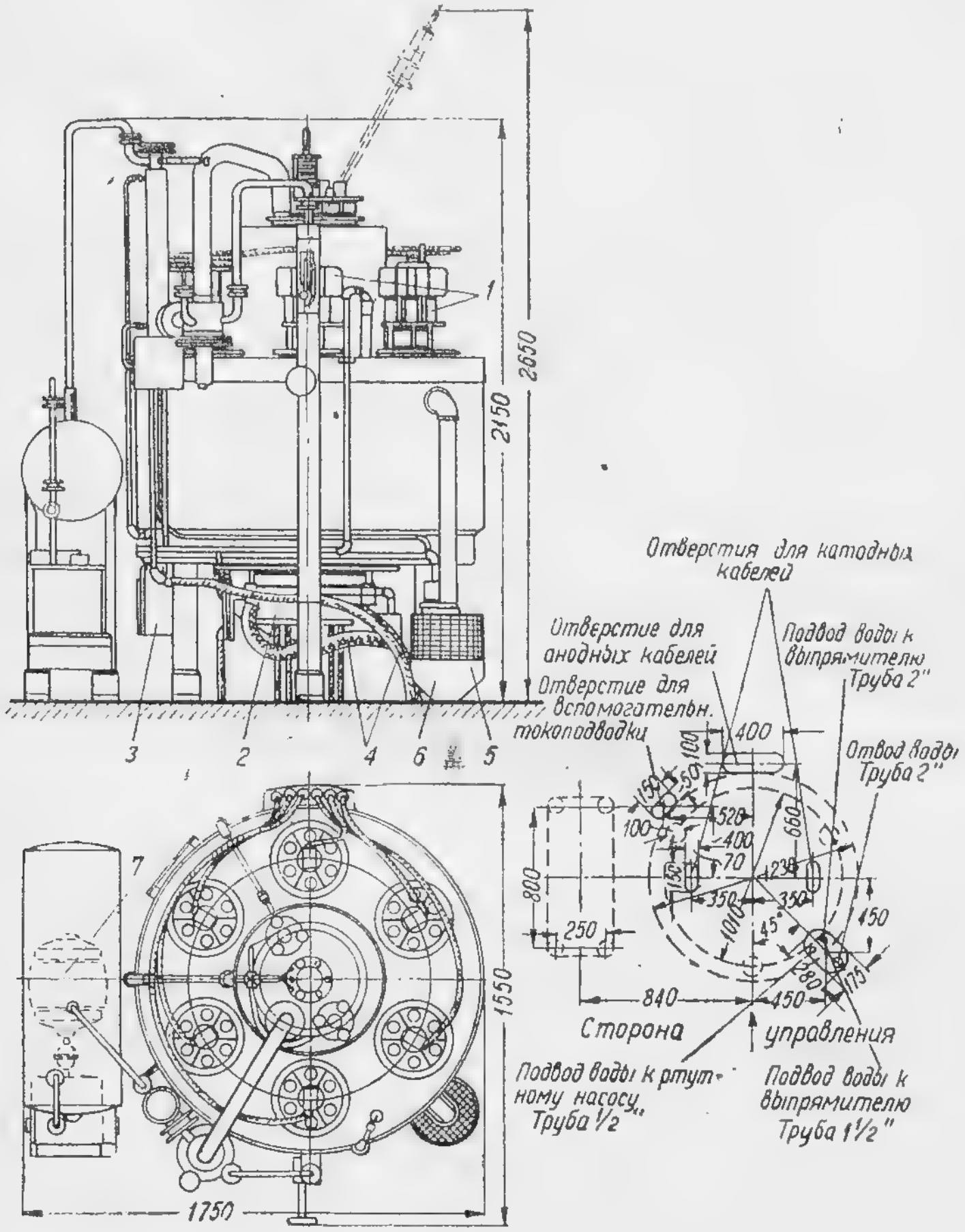
Недостатком графитового анода является заметное распыление (если графит невысокого качества).

В СССР выпрямители изготовляются как с железными, так и с графитовыми анодами; для трамвайных подстанций (до 750 в) железные аноды мало уступают графитовым.

Путь охлаждающей воды в рубашке сосуда для выпря-

427—1

мителей с отдельными анодами показан на фиг. 215 (РВ-20), а для выпрямителя с анодной плитой — на фиг. 216.



Фиг. 217. Габариты РВ-20:

1—аноды; *2*—катод; *3*—распределительный щиток; *4*—шланги, подводящие воду; *5*—ограждающая сетка стока; *6*—изолирующая воронка стока; *7*—электродвигатель;

Для избежания коррозии внутренние стенки сосуда и охлаждающей рубашки имеют необходимое покрытие.

Данные о весах выпрямителей завода «Электросила» образца 1938 г. и завода «Уралэлектроаппарат» приведены в табл. 123.

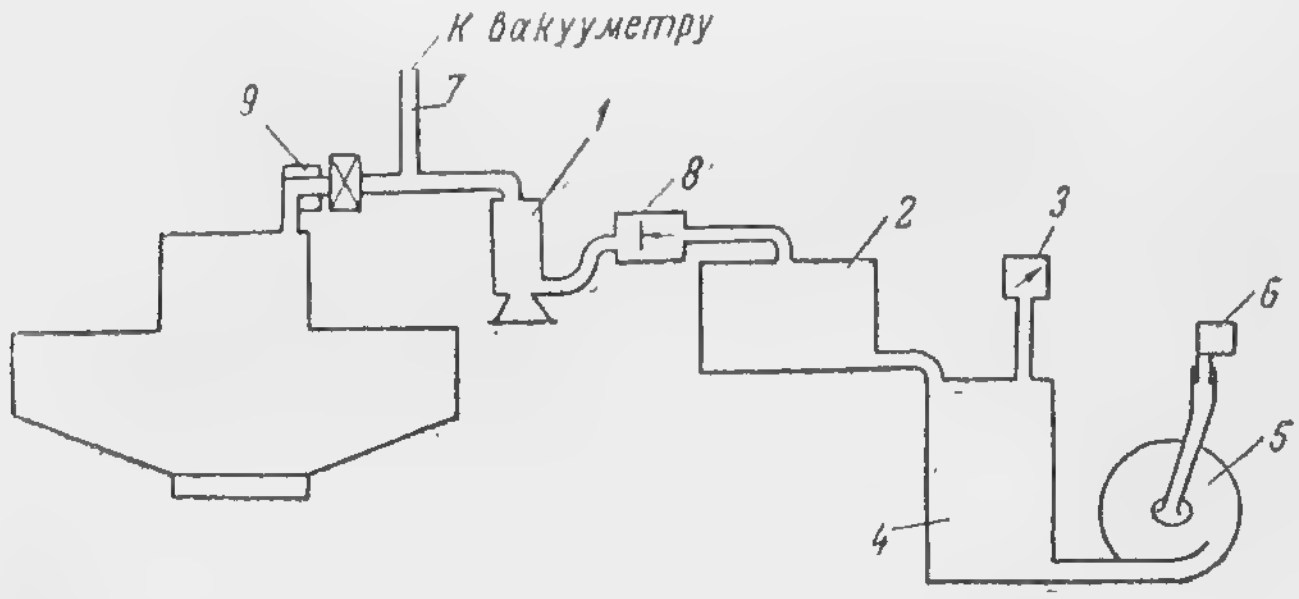
Таблица 123

Веса ртутных выпрямителей

Тип	Вес, кг	
	без воды	с водой
РВ-5а	920	1110
РВ-10	1405	1705
РВ-20/6	2360	2940
РМНВ-500 . . .	1000	1070
РМНВ-1000 . . .	1030	1105

155. ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА

При современном состоянии техники многоанодные выпрямители, рассчитанные на ток до 1000 а, часто выполняются запаянными (герметическими).



Фиг. 218. Вакуумная система РВ:

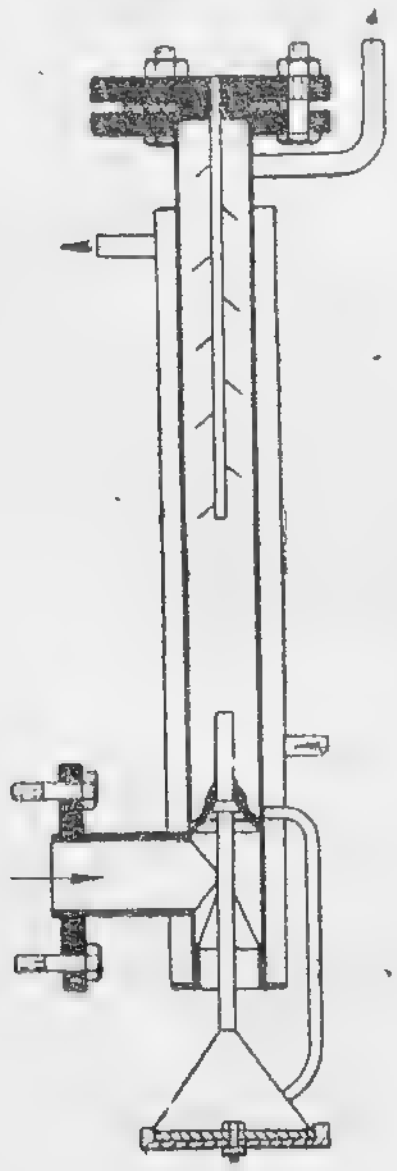
1—высоковакуумный ртутный насос; *2*—улавливатель ртутных паров; *3*—форвакуумметр; *4*—форвакуумный бак; *5*—форвакуумный насос; *6*—фильтр для ртутных паров; *7*—ртутный вакуумметр; *8*—обратный клапан; *9*—конденсатор ртутных паров.

Разборные выпрямители изготовляются с устройством, поддерживающим вакуум в сосуде выпрямителя. Это устройство носит название «вакуумной системы».

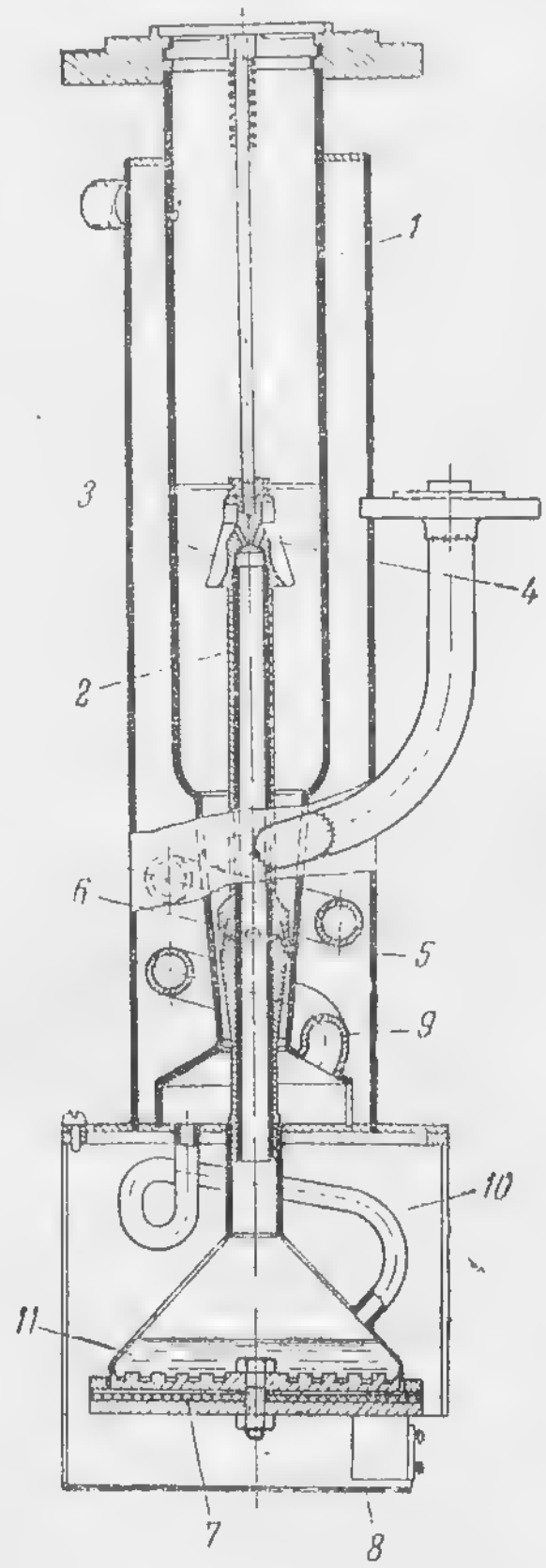
Вакуумная система (фиг. 218) состоит из: высоковакуумного насоса (в. в. н.) *1* (иногда двух, работающих па-

раллельно); форвакуумного насоса *5*; форвакуумного бака *4*; ртутного вакуумметра Мак-Леода *7*; форвакуумметра *3*; улавливателя ртутных паров *2*.

Вакуумные насосы характеризуются: 1) предельным разрежением (μHg), 2) допустимым противодавлением ($mm\ Hg$), 3) производительностью (л/сек.), 4) потреблением энергии.



Фиг. 219. Ртутный одноступенчатый насос.



Фиг. 220. Высоковакуумный ртутный насос (двухступенчатый).

Высоковакуумные насосы первых конструкций завода «Электросила» выполнялись одноступенчатыми (фиг. 219).

Работа одноступенчатого насоса состоит в том, что ртутный пар с большой скоростью вырывается из сопла и увлекает молекулы воздуха. Дойдя до верхней части рабочего пространства, ртутный пар конденсируется на поверхности рассекателя и стенках. Нормально конденсируется весь

ртутный пар, но при недостаточном охлаждении высоковакуумного насоса часть ртути может переходить в форвакуумный бак, под масло форвакуумного насоса и в атмосферу машинного зала.

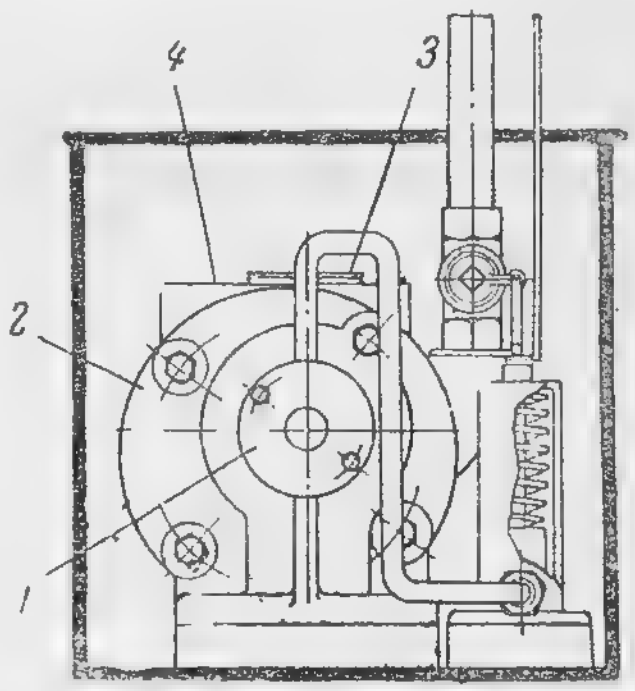
Одноступенчатый насос дает разрежение $< 0{,}1$ μ и Hg, противодавление 0,8 $mmHg$, производительность 3 л/сек, мощность — 200 вт.

Нагревательные элементы высоковакуумных насосов питаются от вспомогательного изолировочного трансформатора для избежания попадания высокого напряжения ртутной дуги в цепь трехфазного тока собственных нужд.

Двухступенчатый ртутный насос (фиг. 220) состоит из корпуса *1*, сопла *2* с колпачком *3* и отверстиями *4*, второго сопла *5* с отверстиями *6*, нагревателя *7*, кожуха *8*, трубок *9* и *10* и ртутницы *11*. Работа двухступенчатого насоса основана на том, что струя ртутного пара, поднимаясь по трубке *2*, вырывается из сопел *3* и *5*. Вырывающийся из сопла *3* ртутный пар увлекает вниз к соплу *5* молекулы воздуха, попадающие из ртутного выпрямителя по верхней трубке. Струя ртутного пара из сопла *3* толкает молекулы воздуха в сужение, где капли ртути конденсируются, запирая молекулы воздуха и выталкивая их вниз через змеевик *10* в форвакуумный бак. Змеевик *10*, чтобы не допустить прорыва ртутного пара в форвакуумный бак, усиленно охлаждается.

Двухступенчатый насос завода «Электросила» дает разрежение до 0,01 μ Hg; противодавление до 1,5 $mmHg$, производительность 20 л/сек., мощность 750 ватт.

При невозможности обеспечить конденсацию всех ртутных паров в высоковакуумном насосе между ним и форвакуумным баком устанавливается конденсатор системы Гриненко.

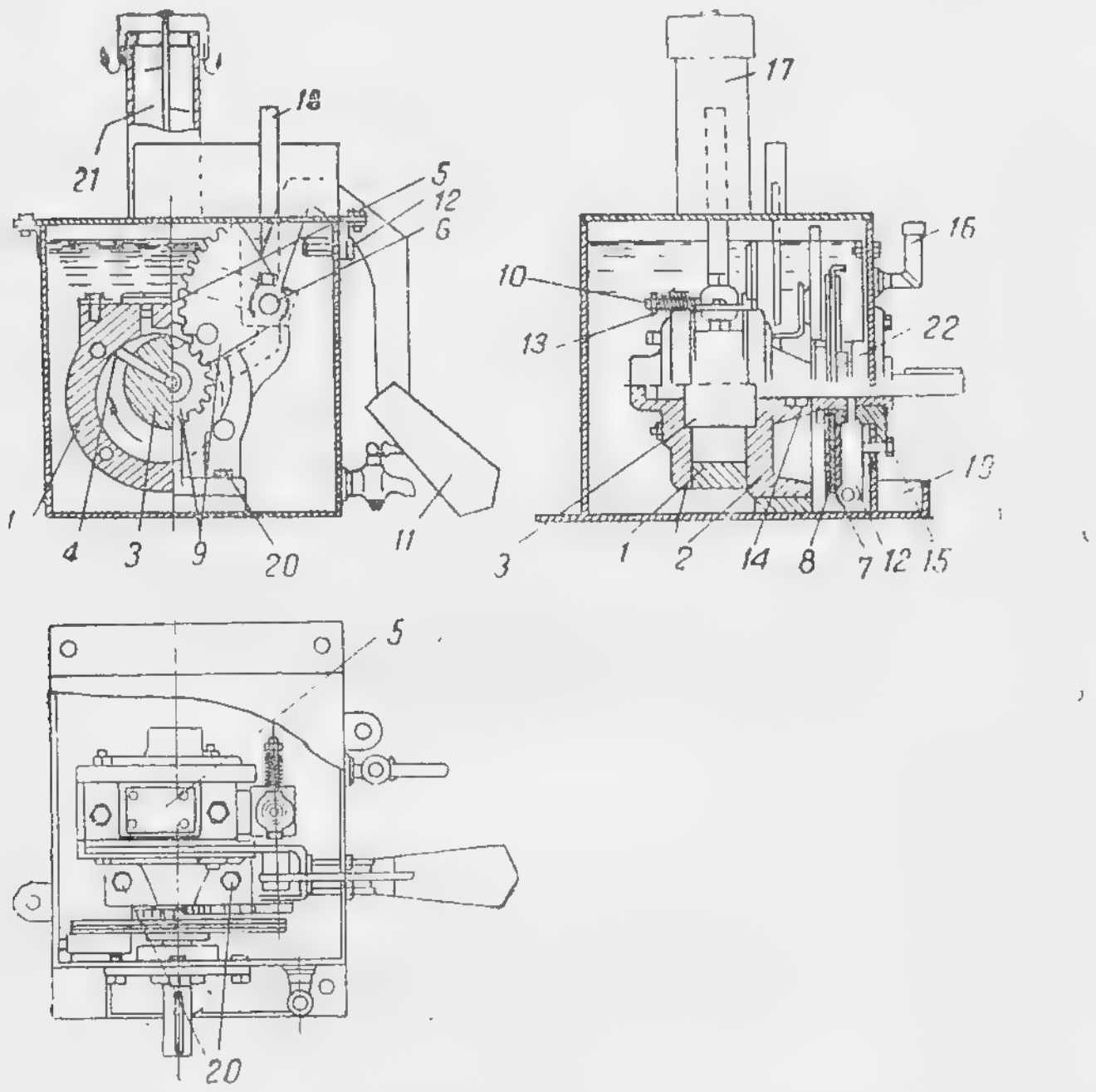


Фиг. 221. Форвакуумный насос.

Высоковакуумные насосы работают при определенном количестве ртути в ртутнице. При избытке ртути насос «захлебывается», при недостатке — «дергает». Для избежания переполнения ртутницы высоковакуумного насоса ртутными парами, попадающими из сосуда выпрямителя, применяется конденсатор, наклоненный

к выпрямителю и обильно охлаждаемый водой. Для избежания утечки ртути из высоковакуумного насоса его следует энергично охлаждать.

Форвакуумный насос (фиг. 221) состоит из стального цилиндра *1*, насаженного эксцентрично в корпус *2*. В цилиндре имеется полость, в которой ходят лопатки, притертые к полости и распираемые пружинами. При вращении цилиндра *1* воздух через отверстие *4* попадает в насос и



Фиг. 222. Автоматический клапан на форвакуумном насосе:
1—корпус; *2*—подшипник; *3*—барабан; *4*—лопасть; *5*—клапан; *6*—кран; *7*—вращающийся диск; *8*—увлекаемые диски; *9*—передача; *10*—ось крана; *11*—рукоятка; *12*—ограничители; *13*—затяжка пробки крана; *14*—сальник; *15*—фланец; *16*—маслоуказатель; *17*—выхлопная труба; *18*—всасывающая труба; *19*—лоток для стока масла; *20*—болт крепления насоса к кожуху; *21*—рассекатель; *22*—ступица.

лопаткой прогоняется к выхлопному клапану *3*. Для уплотнения лопаток насос заполнен маслом. Однако при бездействии вакуумного насоса воздух может прорываться из атмосферы в форвакуумный бак, поэтому форвакуумный насос снабжается автоматическим выхлопным клапаном, закрывающимся при остановке (фиг. 222).

Завод «Электросила» включает перед форвакуумным насосом фильтр-уловитель ртутных паров (система Хайта). Этот фильтр, аналогичный противогазовому фильтру, поглощает ртутные пары с помощью активизированной двуокиси марганца.

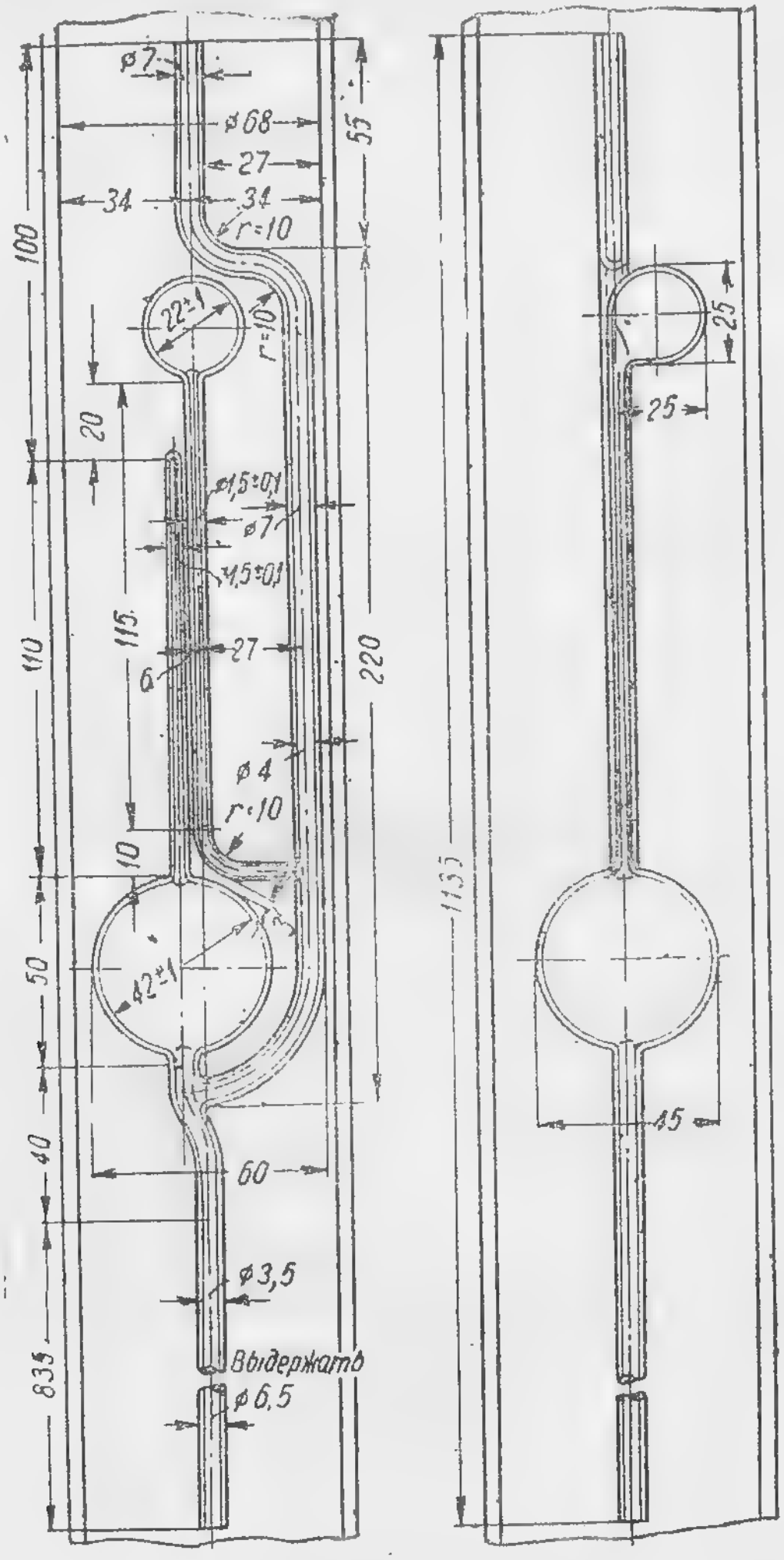
Современные форвакуумные насосы имеют мощность около 0,5 квт, производительность около 50 л/сек. и при атмосферном противодавлении создают вакуум до 10 μ *Hg*. Форвакуумный насос, залитый турбинным маслом марки *М* или *Л*, практически не пропускает воздуха в обратном направлении.

Вакуумный кран устанавливается между сосудом выпрямителя и высоковакуумным насосом. Он служит для сохранения вакуума в сосуде при остановке вакуумных насосов (например, при аварии с вакуумными насосами РВ на передвижной подстанции во время ее перевозки). Вакуумный кран аналогичен нормальному вентилю, с той лишь разницей, что клапанное седло имеет бóльшую поверхность соприкосновения, а клапанная тарелка несет специальную шайбу из мягкой резины.

Нормально высоковакуумные насосы металлических выпрямителей работают круглые сутки, а форвакуумные насосы включаются по мере надобности 1—2 раза в смену. Пуск форвакуумных насосов иногда производится автоматически либо от форвакуумметра, либо от электровакуумметра (что сравнительно дорого), либо от контактных часов.

Вакуумметры. Ртутный вакуумметр показан на фиг. 223. Нормально ртуть стоит ниже той части трубки, которая изображена на фиг. 223. Для измерения вакуума поднимают напорный сосуд (не показанный на фиг.), уровень ртути в трубке (находящийся все время на 760 мм выше уровня ртути в открытом напорном сосуде) поднимается и она начинает заполнять большой стеклянный шар и трубку, идущую вверх к выпрямителю. При этом объем разреженного воздуха, оставшегося в большом шаре, отделяется ртутью от воздуха в сосуде ртутного выпрямителя. Объем сосуда выпрямителя несравненно больше объема большого стеклянного шара; поэтому ртуть беспрепятственно поднимается по трубке, ведущей к сосуду выпрямителя. Ртуть, поднимающаяся в большой стеклянный шар, встречает сопротивление сжимаемого ею воздуха. Таким образом, разность уровней ртути в трубке, идущей к выпрямителю, и в капилляре, выходящем из большого стеклянного шара, может служит мерой вакуума в сосуде вырямителя.

Недостатком ртутного вакуумметра является постоянное загрязнение трубки, идущей к сосуду выпрямителя, вызываемое тем, что все примеси всплывают на поверхность



Фиг. 223. Вакуумметр.

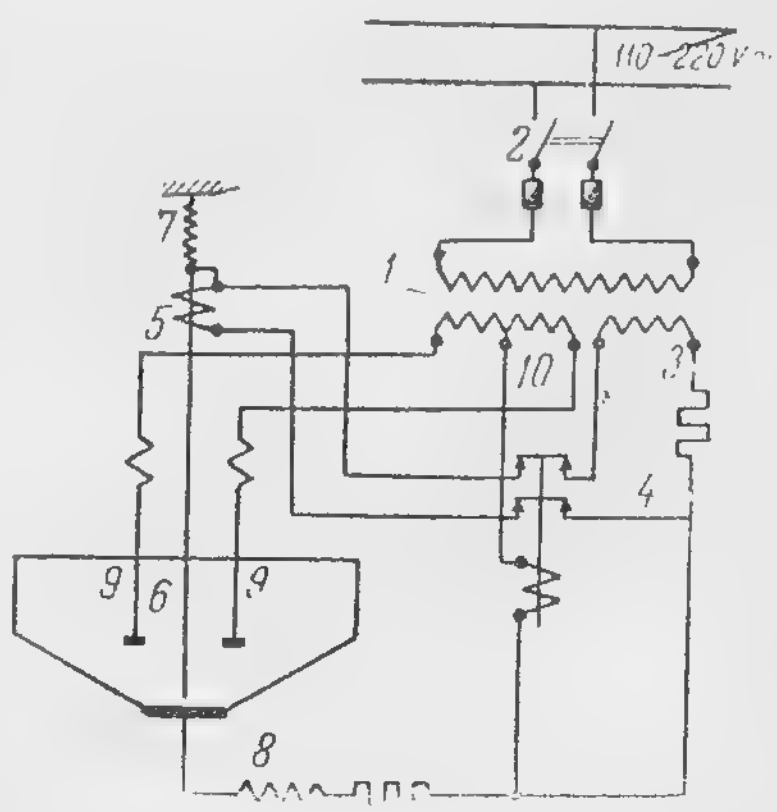
ртути и оседают на стенках трубки. Инж. Н. А. Загайнов применил толстую стеклянную трубку с шариком на конце, ответвляющуюся от трубки, идущей к сосуду выпрямителя

на уровне капилляра. Объем этой трубки с шариком на конце значительно больше объема капилляра, и поэтому применение трубки Н. А. Загайнова не вносит ошибки в отсчет вакуумметра. Все примеси оседают на стекле шарика. Стекло, в котором ртуть должна становиться против нуля шкалы (это требует точности), остается чистым.

Для непрерывного контроля вакуума и сигнализации нарушений вакуума в сосуде применяется электрический вакуумметр. Он основан на том, что проволочка в вакууме, вследствие уменьшения теплопроводности среды и отсутствия конвекции, охлаждается хуже, чем в воздухе. Следовательно, проволочки, находящиеся под одинаковым напряжением, будут обтекаться неодинаковым током. Ток в проволочке, помещенной в вакууме, будет меньше, чем ток в проволочке, находящейся в воздухе. Проволочка в вакууме будет иметь бо́льшую температуру, а значит, и большее сопротивление, чем проволочка в воздухе. Если такие проволочки включить в схему мостика Уитстона, то уравнительный ток в приборе может служить мерой вакуума.

156. ЗАЖИГАНИЕ И ВОЗБУЖДЕНИЕ

Устройство для зажигания и возбуждения выпрямителя служит для создания вольтовой дуги в вакуумном сосуде и поддержания ее горения при малых нагрузках. Схема зажигания и возбуждения РВ завода «Электросила» дана на фиг. 224.



Фиг. 224. Схема зажигания и возбуждения РВ.

Трансформатор *1* имеет усиленную изоляцию между первичной и вторичными обмотками, чтобы при самых высоких напряжениях в выпрямителе не поставить под высокий потенциал проводку переменного тока собственных нужд. Из двух вторичных обмоток одна *10* служит для возбуждения дуги, другая *3* — для управления иглой зажигания. При включении рубильника *2* на зажимах обмотки зажигания *3* появляется напряжение. Контакты реле *4* замкнуты, и ток

проходит через катушку *5* анода («иглы») зажигания *6*. Его сердечник втягивается в катушку. Наконечник из тугоплавкого металла погружается в ртуть. В этот момент катушка *5* шунтируется иглой *6*, при этом пружина *7* возвращает в первоначальное положение иглу, которая рвет цепь с большой самоиндукцией (обмотка, трансформатор *10*, реактор *8*) и вызывает дугу, перебрасывающуюся на аноды возбуждения *9*. Как только через аноды *9* пройдет ток, сработает реле *4*. Контакты реле *4* размыкаются и отключают цепь зажигания дуги. После этого дуга горит между катодом и анодами *9*. В цепь анодов *9* для создания достаточного перекрытия анодных токов включены реакторы.

Если дуга между катодом и анодами *9* почему-либо потухнет, катушка *5* вновь спустит иглу зажигания, и процесс зажигания дуги возобновится сначала.

Для поддержания дуги ток возбуждения должен быть 10—12 а.

Трансформатор зажигания и возбуждения потребляет 1,7 ква; активная мощность 1—1,2 квт.

157. ОХЛАЖДЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РВ

Охлаждение металлических выпрямителей служит для поддержания температурного режима сосуда и охлаждения высоковакуумных насосов.

В некоторых конструкциях применяется конденсатор для улавливания ртутных паров, могущих попасть в откачиваемые из выпрямителей газы. Этот конденсатор также имеет водяное охлаждение.

Температурный режим сосуда выпрямителя определяет:

а) величину потенциала зажигания; б) среднее падение напряжения в дуге (потери энергии в сосуде); в) время деионизации; г) диэлектрическую прочность ртутных паров на пробой «в обратном направлении».

Кроме того, при понижении температуры сосуда происходит сужение дуги, которое может привести к разрыву дуги и, следовательно, к опасным перенапряжениям на анодах (вводах вторичной обмотки трансформатора). Поэтому в эксплоатации следует поддерживать температуру выпрямителей в определенном и притом узком диапазоне. С увеличением нагрузки желательно несколько повышать температуру сосуда. Поддержание температуры сосуда в заданном диапазоне может осуществляться автоматически, термостат-регулятором завода «Тизприбор» или биметаллическим реле.

Перегрев сосуда РВ вызывает как непосредственную опасность обратного зажигания, так и ухудшение работы вакуумных уплотнений. Резиновые уплотнения, применяемые советской электропромышленностью, удовлетворительно работают при температуре не свыше 60 ÷ 65° С. Поэтому сосуд РВ снабжается контактным термометром, который при определенной температуре дает сигнал, а при более высокой — отключает выпрямитель. Температура сосуда должна поддерживаться в эксплоатации в пределах 40—45° С.

Охлаждение высоковакуумного насоса (в. в. н.) принципиально отличается от охлаждения сосуда РВ: для в. в. н. нет технически целесообразного диапазона температур — чем ниже температура охлаждающей воды, тем больше производительность в. в. н. и тем меньше опасность прорыва ртутных паров в машинный зал. Для современных в. в. н. температура вытекающей воды не должна превышать 22° С, перепад температуры в охлаждающей рубашке в. в. н. не должен превосходить 2° С. Поэтому желательно иметь охлаждение в. в. н. не от напорного бака (температура воды в нем летом может оказаться выше 20° С), а непосредственно от водопровода.

В случае прекращения подачи воды к в. в. н., при работе печки испарителя ртути испаряемая ртуть частично уйдет в сосуд РВ, частично — в форвакуумный бак. Для избежания этого при прекращении подачи воды к в. в. н. сигнальная воронка (струйное реле) подает сигнал, а иногда и разрывает цепь испарителя ртути. Прекращение подачи тока к испарителю ртути вызовет остановку в. в. н., поэтому перерыв тока сигнализируется амперным реле.

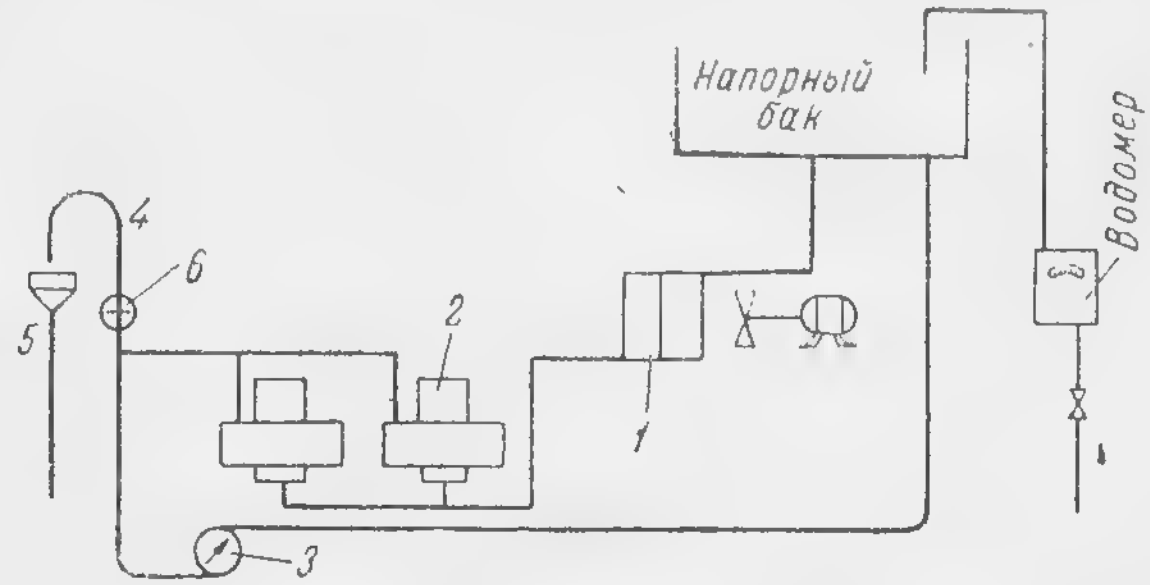
Охлаждение РВ может быть реализовано по проточной или циркуляционной системе.

При проточной системе вода на охлаждение РВ и в. в. н. поступает из водопровода через напорный бак и отводится в канализацию. При циркуляционной системе вода, охладившая РВ или в. в. н., охлаждается в специальном устройстве, а затем вновь поступает на охлаждение РВ и в. в. н.

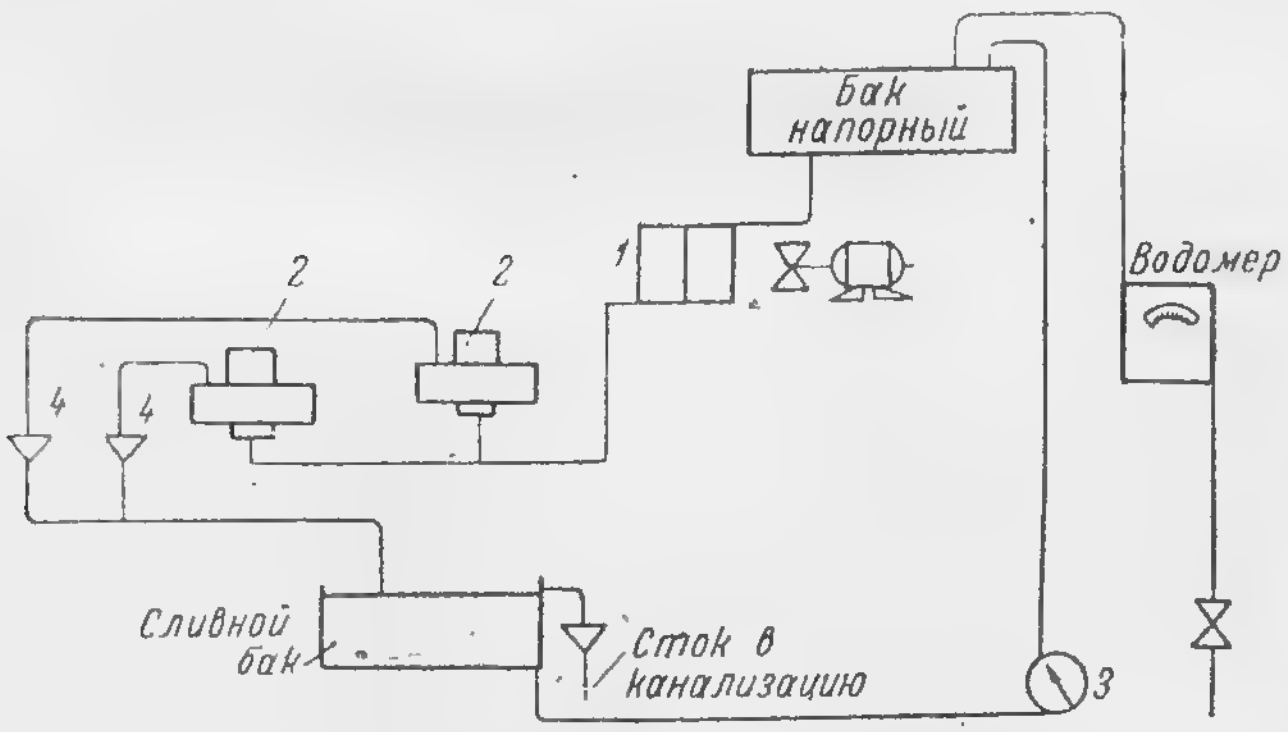
По конструктивному выполнению циркуляционное охлаждение разделяется на: 1) замкнутое и 2) охлаждение со свободным стоком воды (фиг. 225 и 226).

По способу питания РВ и в. в. н. охлаждающей водой циркуляционное охлаждение подразделяется на индивидуальное и групповое

При групповом охлаждении один радиатор обслуживает несколько выпрямителей или несколько в.в.н. При индивидуальной системе каждый РВ имеет свой радиатор. Для охлаждения в. в. н. обычно применяется групповая система



Фиг. 225. Схема замкнутой системы охлаждения:
1—радиатор; *2*—выпрямитель; *3*—насос; *4*—резервирующая трубка; *5*—сигнальная воронка; *6*—обратный клапан.



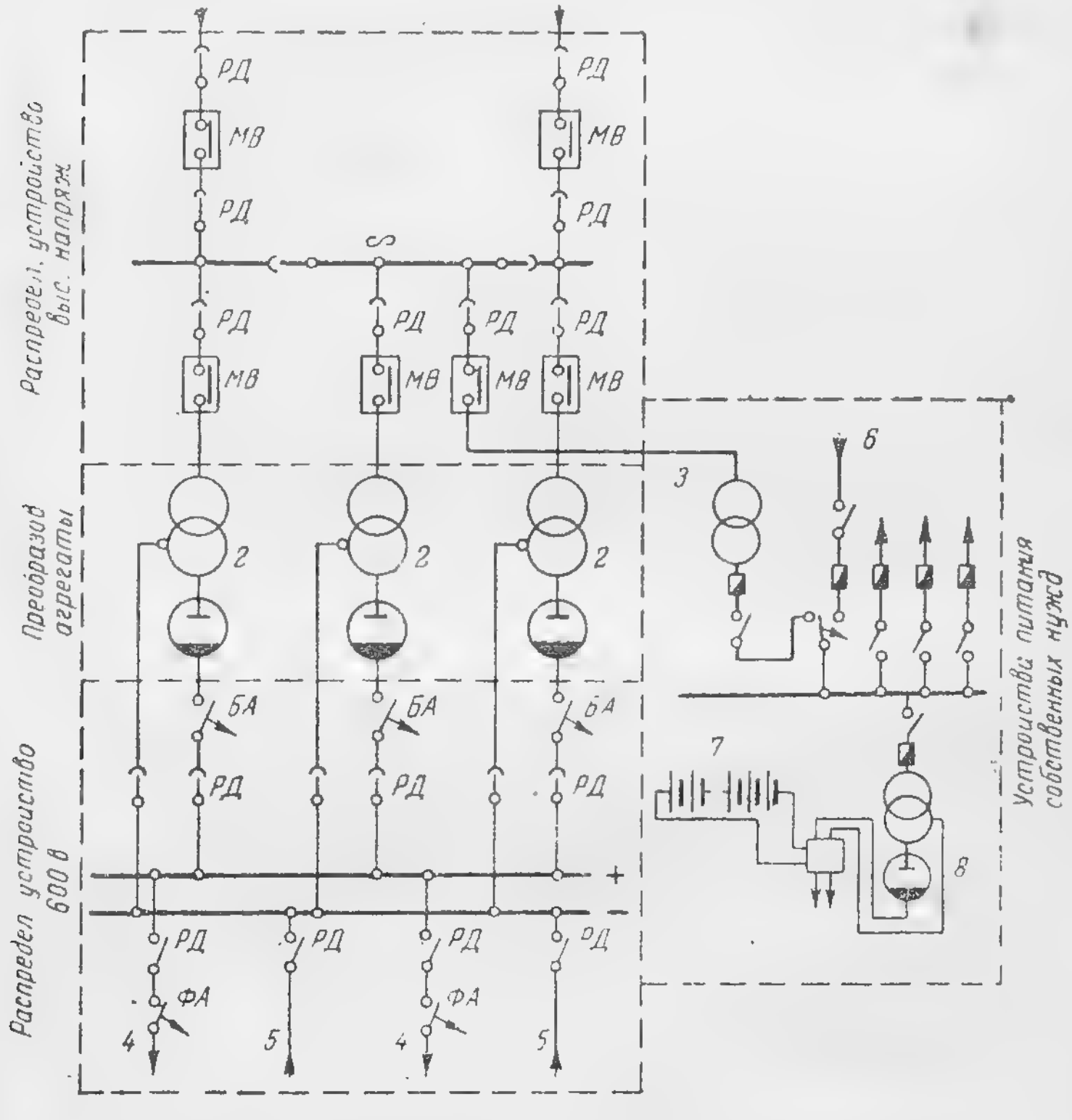
Фиг. 226. Схема охлаждения РВ со свободным стоком воды:
1—радиатор; *2*—выпрямитель; *3*—насос; *4*—сигнальная воронка.

По способу охлаждения радиатора различают охлаждающие устройства: 1) водяное, 2) воздушное, 3) воздушное с пульверизацией воды в охлаждающий воздух.

Кроме того, при работе по системе свободного стока воды возможно применение градирни, — вода на нее подается насосом и затем стекает в напорный бак.

158. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ТРАМВАЙНОЙ ПОДСТАНЦИИ

Трамвайные подстанции в большинстве случаев получают для преобразования переменный ток напряжением 6 или 10 кв и редко (старые системы) 3 кв.



Фиг. 227. Принципиальная схема тяговой подстанции.

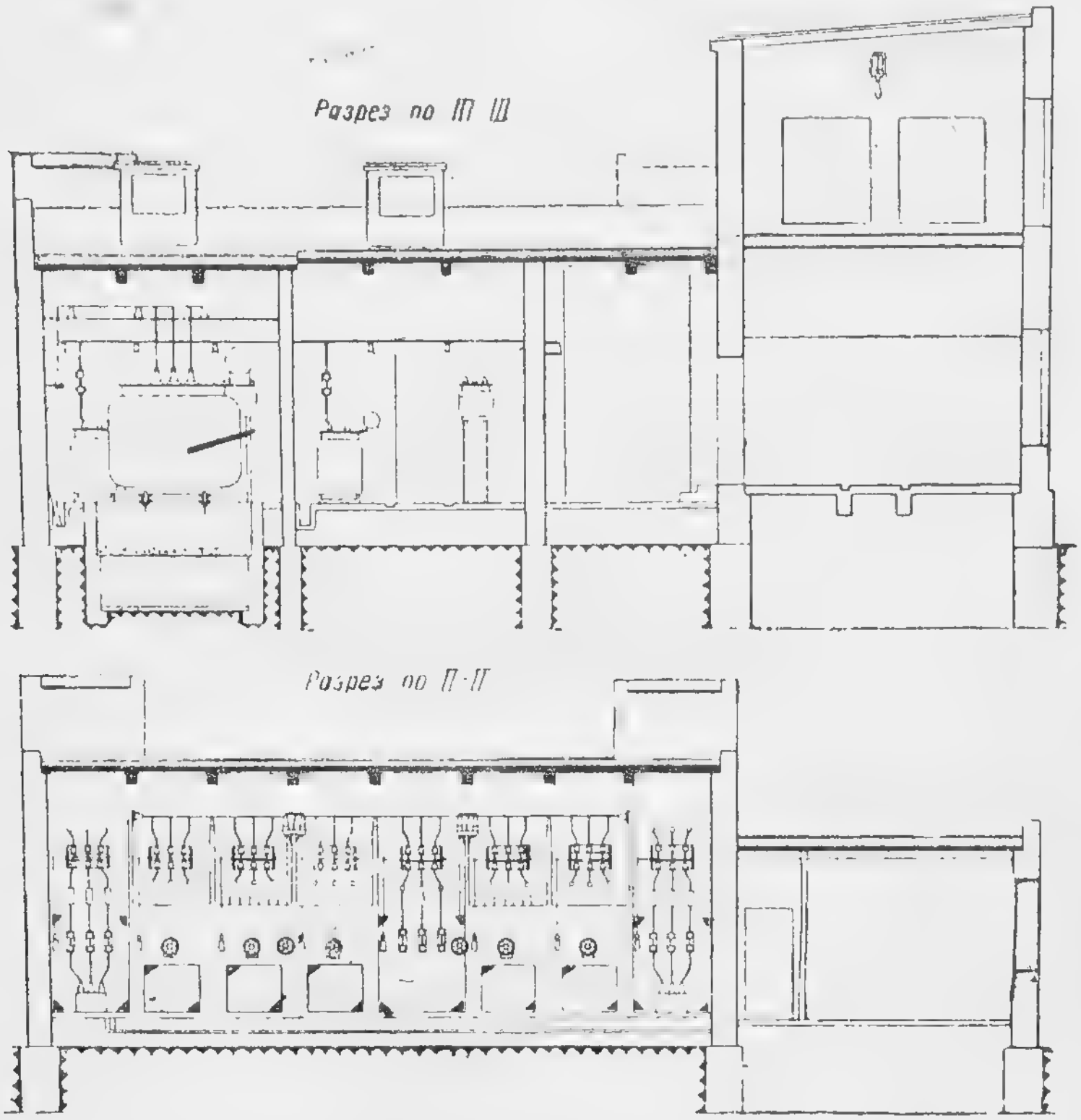
Принципиальная схема электрических соединений современной трамвайной подстанции дана на фиг. 227.

Переменный ток высокого напряжения поступает от питающих линий на сборные шины подстанции через вводы *1*, которых обычно бывает два.

От сборных шин высокого напряжения отходят фидеры, подводящие ток к преобразовательным агрегатам *2* и вспо-

могательным устройствам *3* для питания собственных нужд.

От преобразовательных агрегатов постоянный ток напряжением 600 в поступает на сборную положительную шину 600 в; отсюда отходят положительные фидеры *4*, по которым постоянный ток направляется в контактную сеть.



Фиг. 230. Продольные разрезы ртутновыпрямительной подстанции.

По отрицательным отсасывающим фидерам *5* ток возвращается из рельсовой сети к отрицательной сборной шине подстанции и от нее — к преобразователям.

Питание собственных нужд подстанции (электрическое освещение, вспомогательные устройства преобразователь-

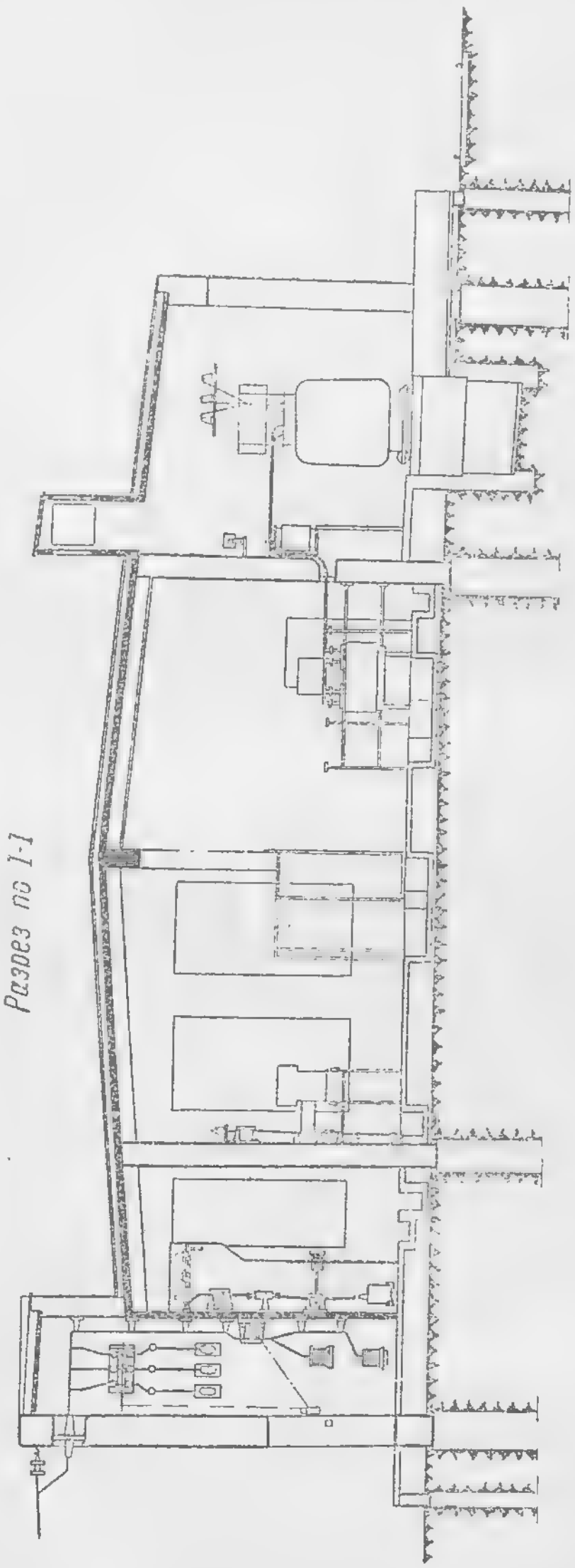
ных агрегатов, заряд аккумуляторной батареи, сигнализация и др.) переменным током низкого напряжения осуществляется трансформатором *3* собственных нужд или производится через низковольтный ввод *6* городской сети.

Независимым источником постоянного тока низкого напряжения (для питания цепей управления, защиты, аварийного освещения и др.) служит аккумуляторная батарея 7, заряжаемая мотор-генератором, селеновыми выпрямителями или стеклянным ртутным выпрямителем *8*.

Основная коммутационная аппаратура состоит из: МВ — масляных выключателей, РД — разъединителей, БА — быстродействующих автоматических выключателей-преобразователей, ФА—максимальных автоматов положительных фидеров.

Электрооборудование трамвайной подстанции состоит из следующих основных частей:

а) распределительного устройства высокого напряжения (вводы и шины высокого напряжения, коммутационная аппаратура фидеров, отходящих от сборных шин к преобразователям и трансформатору собственных нужд);



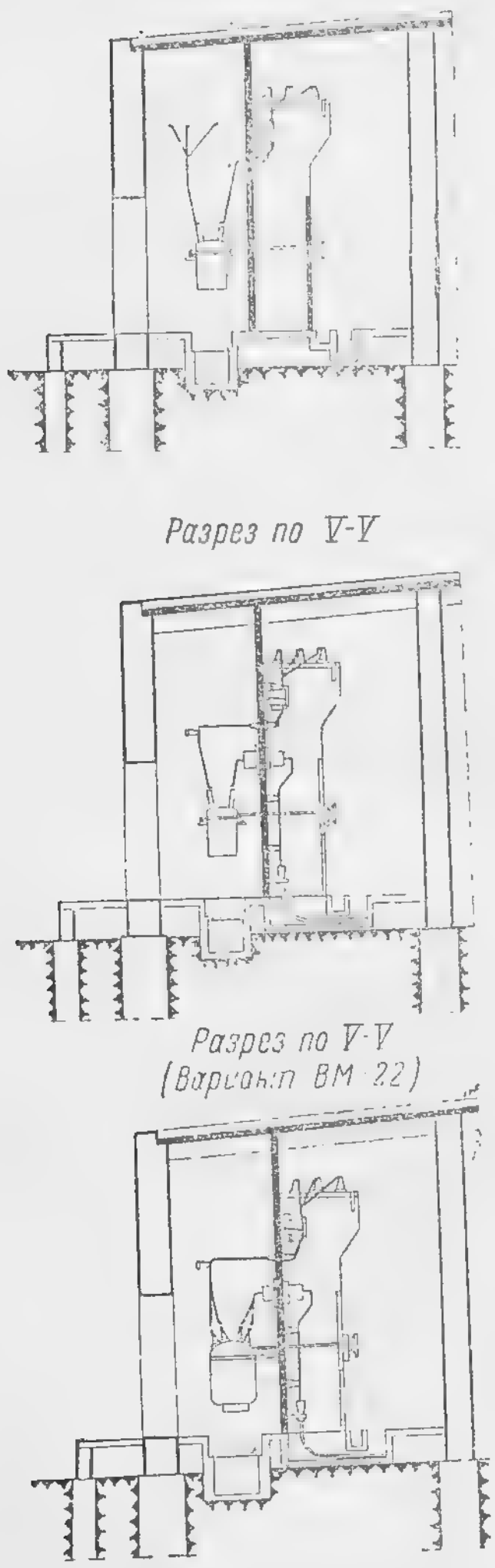
Фиг. 231. Поперечный разрез ртутновыпрямительной подстанции.

б) преобразовательных агрегатов (собственно преобразователи, трансформаторы и вспомогательные аппараты, непосредственно относящиеся к ним);

в) распределительного устройства 600 в (положительная и отрицательная шины, фидеры от преобразовательных агрегатов, положительные и отрицательные фидеры 600 в);

г) устройство питания собственных нужд подстанции (трансформаторы собственных нужд, резервный городской ввод, шины переменного тока собственных нужд с отходящими от них фидерами низкого напряжения, аккумуляторная батарея, зарядный агрегат, фидеры постоянного тока собственных нужд).

Схема ртутновыпрямительной трамвайной подстанции приведена на фиг. 228. На фиг. 229, 230, 231 и 232 показаны план и разрезы подстанций (фиг. 228 и 229 — см. вклейку в конце книги).



Фиг. 232. Поперечные разрезы ртутновыпрямительной подстанции.

159. ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Коммутационная аппаратура, ошиновка, кабели и другие элементы распределительного устройства высокого напряжения подстанции выбираются с таким расчетом, чтобы они соответствовали не только нормальному режиму работы, но не выходили из строя при коротких замыканиях.

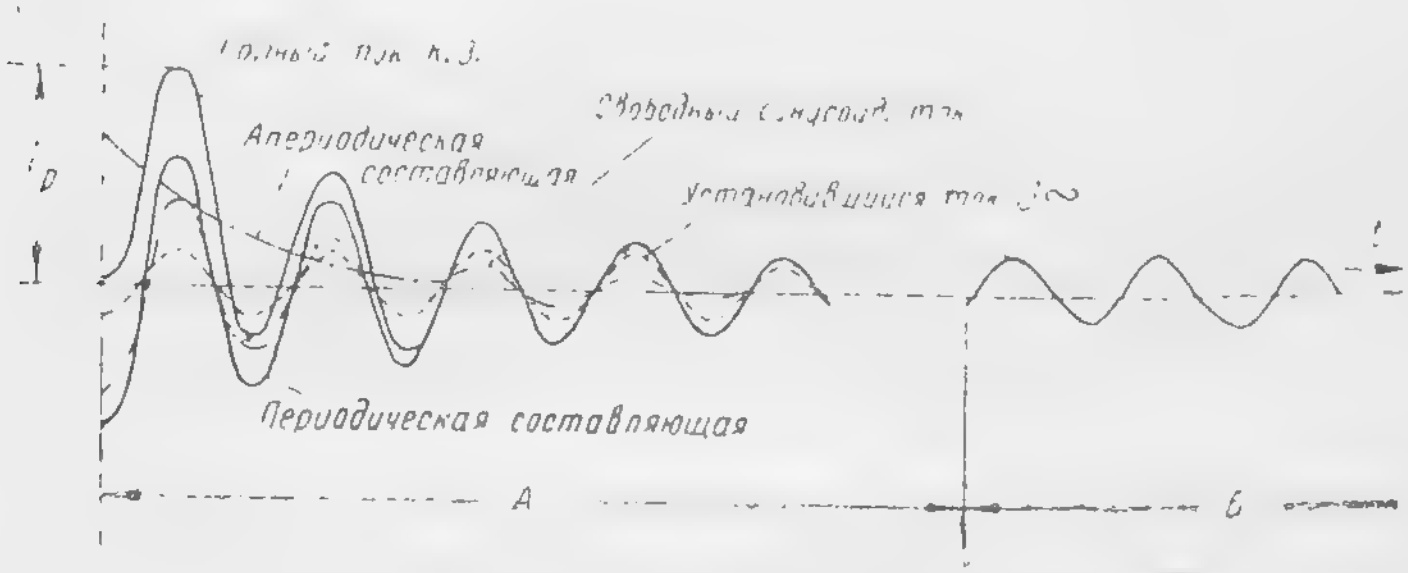
В трехфазной цепи различают три основных вида короткого замыкания:

а) трехполюсное (симметричное) — соединение накоротко в одной точке всех трех фаз системы;

б) двухполюсное (несимметричное) — соединение накоротко двух фаз системы;

в) однополюсное (несимметричное) — замыкание между одной из фаз и нейтралью системы (на землю при заземленной нейтрали).

При отсутствии автоматической регулировки напряжения у генераторов, питающих систему, ток короткого замыкания (т. к. з.) имеет наибольшую величину в первую половину периода после момента короткого замыкания; в последующее время он постепенно уменьшается и через



Фиг. 233. Кривые тока короткого замыкания.

определенный промежуток времени приобретает амплитуду постоянной величины.

Кривая полного т. к. з. в цепи переменного тока для этого случая показана на фиг. 233.

Кривую можно разбить на два участка — участок *А* неустановившегося переходного режима и участок *Б* установившегося режима короткого замыкания.

Кривая образована из трех составляющих:

а) установившегося синусоидального тока с постоянной амплитудой;

б) свободного переходного синусоидального тока с затухающей амплитудой;

в) свободного затухающего тока постоянного знака.

Наличие затухающего тока постоянного знака и свободного переходного тока определяется явлениями, связанными с внезапным изменением режима работы генератора и питаемой им цепи, в которой произошло короткое замыкание.

Сумму первой и второй составляющих т. к. з. называют периодической или симметричной, третью составляющую — апериодической или постоянной.

Постоянная составляющая затухает практически в течение 0,02—0,1 сек., в зависимости от постоянных цепи короткого замыкания.

Свободный переходный синусоидальный ток затухает в течение 3—5 сек., в зависимости от удаленности точки короткого замыкания от генератора. Таким образом, установившийся режим короткого замыкания наступает через $3 \div 5$ сек.

До затухания постоянной составляющей кривая полного т. к. з. имеет несимметричную форму.

Наибольшую амплитуду полного т. к. з. называют ударным током (i_p). Ударный ток может быть выражен через эффективное значение периодической составляющей за первый период (I_{vo}):

$$i_p = p\, I_{vo}\, \sqrt{2}\,,$$

где p — так называемый ударный коэффициент, равный отношению ударного тока к амплитуде периодической составляющей ($I_{vo}\sqrt{2}$).

Для коротких замыканий в цепях генераторного напряжения и за трансформаторами мощностью более 1000 квт в единице принимают $p = 1{,}8$; для коротких замыканий в кабельных сетях большой протяженности и за трансформаторами мощностью менее 1000 квт в единице — $p = 1{,}3$.

Эффективное значение полного т. к. з. за первый период определяют, пренебрегая затуханием периодической и апериодической составляющих по формуле:

$$I_p = I_{vo}\sqrt{1 + 2(p-1)^2}.$$

При $p = 1{,}8$ и $I_p = 1{,}51 : I_{vo}$ $\quad i_p = 2{,}54\ I_{vo}$.

При $p = 1{,}3$ и $I_p = 1{,}0 \ : I_{vo}$ $\quad i_p = 1{,}83\ I_{vo}$.

Периодическую составляющую т. к. з. начального момента называют часто «сверхпереходным» током, если питающие генераторы обладают демпферной обмоткой, и «переходным» током, если генераторы демпферной обмотки не имеют.

Для выбора элементов оборудования подстанций обычно определяют следующие значения тока трехполюсного короткого замыкания:

а) ударный ток (i_p);

б) эффективное значение полного тока первого периода (I_p);

в) эффективное значение полного тока через 0,25 сек. ($I_{0,25}$);

г) эффективное значение установившегося тока (I_∞).

Величина т. к. з. определяется данными генераторов, питающих систему, и результирующим электрическим сопротивлением пути от генерирующих установок до места короткого замыкания.

160. МАСЛЯНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Масляные выключатели выбираются:

а) по номинальному напряжению — оно не должно превышать максимального рабочего напряжения, при котором допустима установка выключателя;

б) по номинальной силе тока — максимально возможное значение длительного рабочего тока фидера, для которого предназначается выключатель, не должно превышать номинальной силы его тока;

в) по предельной отключаемой силе тока — эффективное значение т. к. з. в первый полупериод после возникновения дуги между контактами выключателя не должно превышать величины предельной отключаемой силы тока, гарантированной заводом при определенном цикле испытаний. Для сопоставления с предельной отключаемой силой тока берут значение т. к. з. в установке для времени 0,25 сек., соответствующей собственному времени действия механизма выключателя и защиты. Предельная отключаемая сила тока характеризует разрывную способность выключателя:

$$I_{0,25} \leqslant I_{пр.\ откл.};$$

г) по максимально допустимому т. к. з. — эффективное значение и амплитуда т. к. з. первого полупериода не должны превышать соответственно задаваемых в каталогах эффективного значения и амплитуды максимально допустимого т. к. з. для выбираемого типа масляного выключателя.

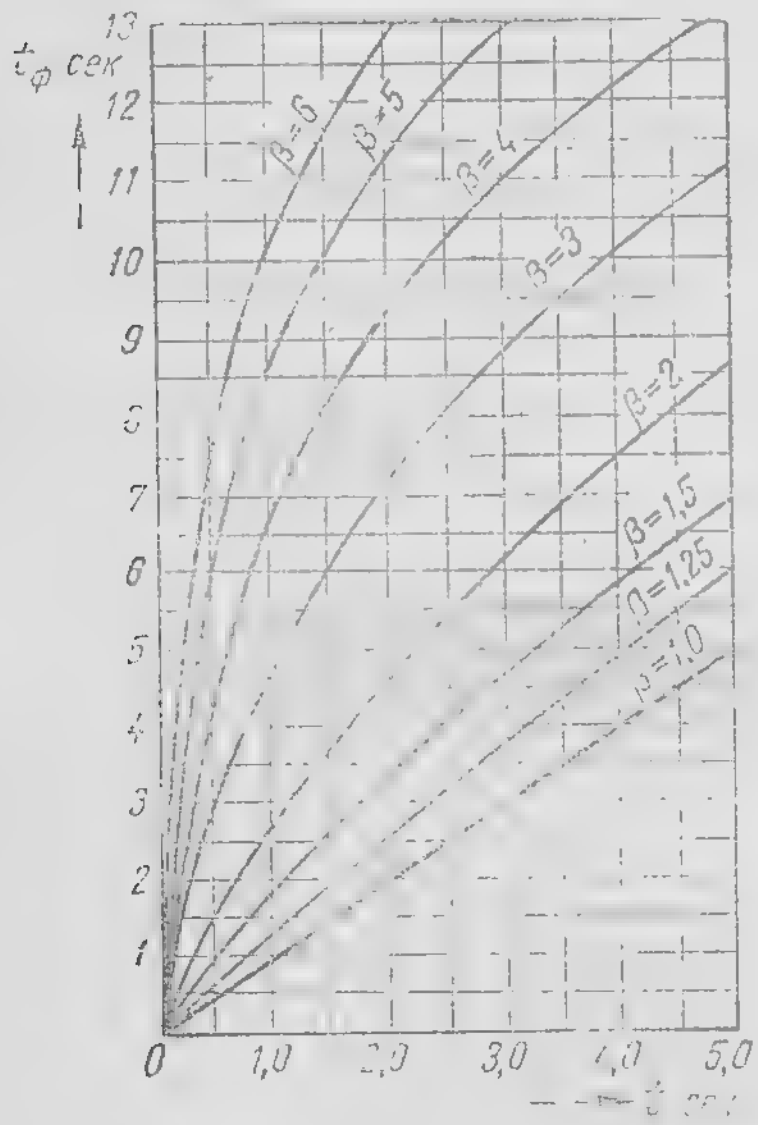
Они определяют динамическую, а частично и термическую устойчивость выключателя:

$$i_p \leqslant I_{\max\ доп.}; \qquad I_p \leqslant I_{эфф.\ доп.}$$

д) по току термической устойчивости — допустимый для масляного выключателя ток в течение времени t сек. может быть найден по 10-сек. каталожному току из выражения:

$$I^{(t)} = \frac{I^{(10)}}{\sqrt{\frac{t}{10}}}$$

При выборе масляного выключателя по термической устойчивости необходимо учитывать максимально возможную длительность короткого замыкания, т. е. учитывать выдержку времени реле.



Фиг. 234. Кривые фиктивного времени при отсутствии автоматического регулятора напряжения у генератора.

Для учета действия фактического изменяющегося т. к. з. расчет ведут на установившийся ток. Время действия установившегося тока берут отличным от действительного (так называемое фиктивное время).

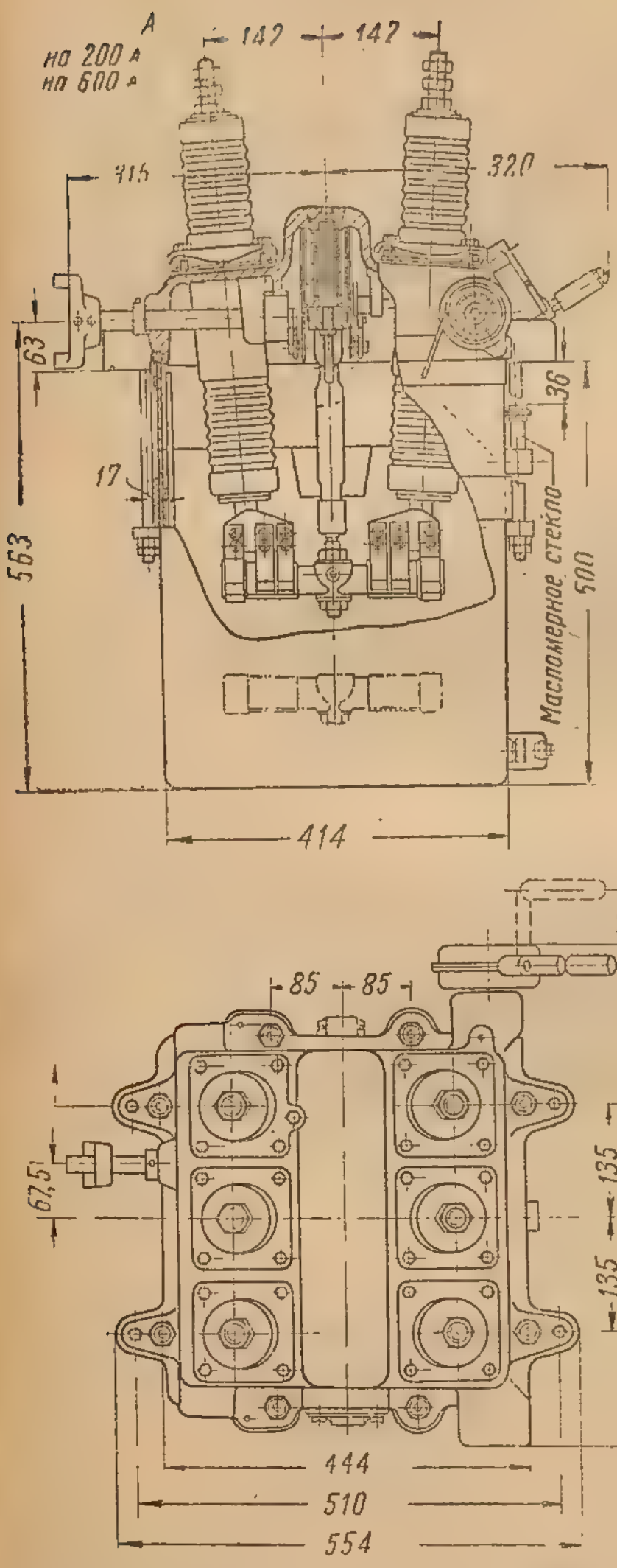
Фиктивное время находят по действительному, пользуясь кривыми фиг. 234, на которых по оси абсцисс отложено действительное время $t_д$, а по оси ординат — фиктивное время t_ϕ.

Каждая кривая соответствует определенному значению $\beta = \frac{I_{t_0}}{I_\infty}$, от которого зависит соотношение между $t_д$ и t_ϕ.

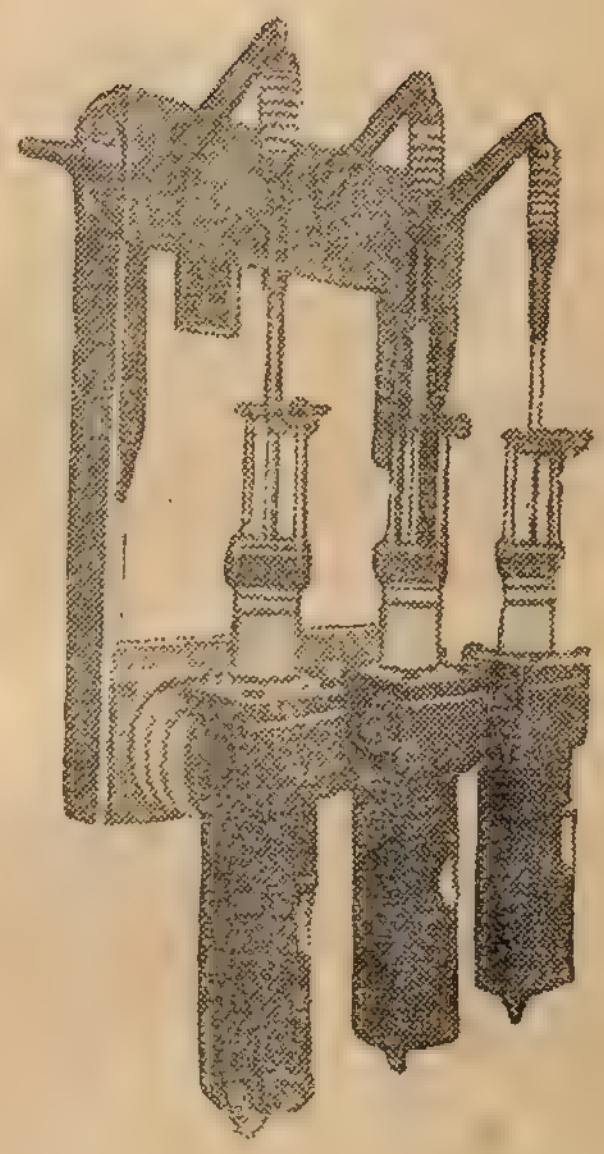
Условие соответствия масляных выключателей по току термической устойчивости

$$I_\infty = \frac{I^{(10)}}{\sqrt{\frac{t_\phi}{10}}}.$$

Основные технические данные масляных выключателей, применяемых на трамвайных подстанциях, приведены в табл. 124 (фиг. 235 и 236).



Фиг. 235. Масляный выключатель ВМ-16.



Фиг. 236. Масляный выключатель типа ВМГ.

Таблица 124

Технические данные масляных выключателей

Тип выключателей	Номинальное напряжение, кв	Номинальная сила тока, а	Максимально допустимый ток, к. з.		Пятисекундные токи термической устойчивости, ка	Предельно отключ. токи в ка при напряжении в кв			Предельно отключ. мощности в мгва при напряжениях в кв			Тип привода
			Действ. значение, ка	ампл. значение, ка		3	6	10	3	6	10	
ВМ-6	3	400	15	25	13,8	3,3	-	-	17	—	—	КАМ ПС-10
	6	200	10	16,8	8,5	3,3	1,4	-	17	15	—	
ВМ-6-У	3	550	15	25	15	3,3		-	17	—	—	
ВМ-16	3	1000	35	59	35	22	-	-	115	—	—	КАМ ПС-10
	6	600	30	50	19	22	10	-	115	100	—	
	10	200	19	32	8,5	19	10	4,4	100	100	75	
ВМ-16-У	3	1250	35	59	35	22	-	-	115	—	—	
ВМ-22Н ВМ-22Ф	6	1500	44	72	44	33	14,5	—	170	150	—	КАМ ПС-20
	10	400	30	40	13,8	27,5	14,5	7,2	143	150	125	
	10	600	30	40	19	33	14,5	7,2	170	150	125	
	10	1000	44	72	30	33	14,5	7,2	170	150	125	
ВМГ-133	10	400	30	52	15	20	20	20	100	200	350	РБА ПС-10
	10	600	30	52	20	20	20	20	100	200	350	
	10	1000	30	52	20	20	20	20	100	200	350	
	6	2000	42	73	39,5	29	29	—	150	300	—	

161. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ

Разъединители предназначаются для включения и выключения электрической цепи при отсутствии в ней тока (ранее разомкнутой другим выключателем).

Разъединители обычной конструкции допускают отключение малых токов (например, трансформаторов напряжения).

Разъединители изготовляются как для наружной, так и для внутренней установки.

Разъединители бывают однополюсные и трехполюсные. Однополюсные управляются при помощи шальштанги, трехполюсные снабжаются специальным приводом. Однополюсные многоамперные разъединители могут также снабжаться приводами.

Разъединители выбираются:

а) по номинальному напряжению, которое должно соответствовать максимальному рабочему напряжению установки: при номинальном напряжении разъединителей 6 и 10 кв максимальное рабочее напряжение установки не должно превышать соответственно 6,9 и 11,5 кв;

б) по номинальной силе тока; максимальный рабочий ток участка, где устанавливается разъединитель, не должен превышать номинальную силу его тока;

в) по электродинамической и термической устойчивости т. к. з.; ударный т. к. з. ($i_п$) и наибольшее эффективное значение т. к. з. $I_п$ в установке не должны превышать соответствующих величин, допустимых для разъединителей.

Установившийся т. к. з. I не должен превышать соответствующего допустимого для разъединителя тока термической устойчивости, пересчитанного на фиктивное время протекания т. к. з. (см. п. 160).

Таблица 125

Данные разъединителей завода „Уралэлектроаппарат“

Номинальная сила тока, а	Электродинамическая устойчивость (максимально допустимый т. к. з.)	Термическая устойчивость
	амплитуда, ка	десятисекундный ток, ка
400	44	10
600	46	14,2
1000	84	28,4

Данные разъединителей для внутренних установок приведены в табл. 125.

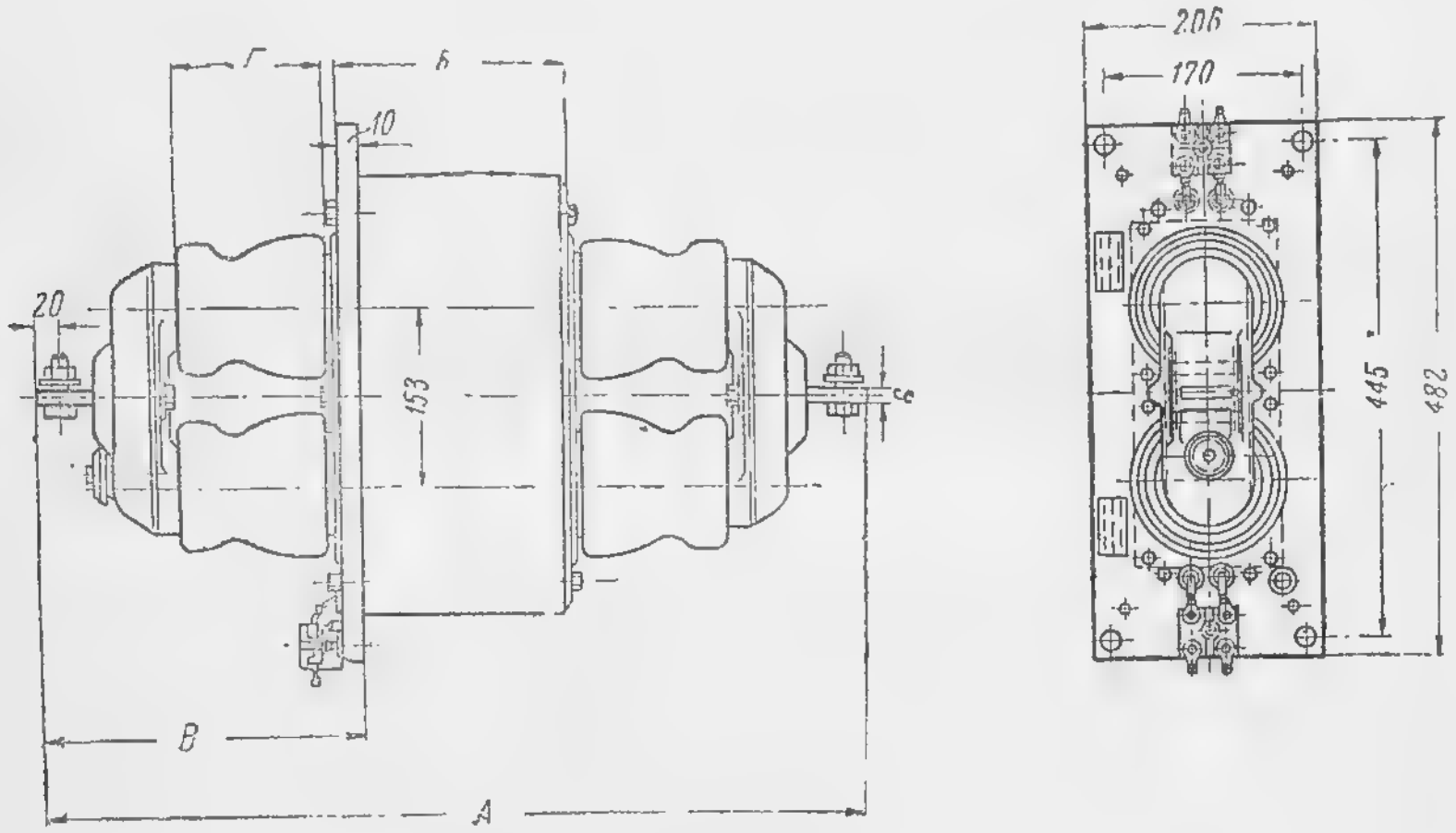
В цепях 600 в трамвайных подстанций находят применение однополюсные разъединители также на 1500—2000 а.

162. ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА

Ток первичной обмотки трансформатора тока (он же ток главной цепи) не зависит от нагрузки вторичной обмотки.

Трансформаторы тока, применяемые на трамвайных подстанциях, рассчитываются так, чтобы при номинальном токе первичной цепи во вторичной протекал ток 5 а.

Нормальное напряжение на зажимах вторичной обмотки при токе 5 а колеблется для трансформаторов тока различных типов от нескольких вольт до нескольких десятков вольт.



Фиг. 237. Проходной многовитковый трансформатор тока.

Для идеального трансформатора тока:

$$I_2 = I_1 \frac{W_1}{W_2},$$

где I_1, I_2 и W_1, W_2 — соответственно токи и числа витков первичной и вторичной обмотки. Эти величины, определяемые приведенным соотношением, называются номинальными.

Практически вторичный ток отличается от приведенного первичного наличием намагничивающего тока.

Таблица 126

Классы точности трансформаторов тока

Класс точности	Первичная сила в % от номинального	Максимально допустимые погрешности: токовая, %	Максимально допустимые погрешности: угловая, мин.	Применяемость трансформатора тока	Условия вторичной нагрузки
0,5	от 120 до 100 20 10	±0,5 ±0,75 ±1,0	±40 ±50 ±60	Для точных измерений мощности и энергии в эксплоатации; для некоторых видов защиты; для лабораторных испытательных установок	Для вторичной нагрузки в пределах от 25 до 100% от номинальной и при вторичном коэффициенте мощности $\cos\varphi_2 = 0{,}8$
1	от 120 до 100 20 10	±1,0 ±1,5 ±2,0	±80 ±100 ±120	Для измерения мощности и энергии в эксплоатации; для некоторых видов защиты	
3	от 120 до 50	±3	Не стандартизуется	Для амперметров, максимальных реле, выключающих катушек	
10	от 120 до 50	±10	То же	То же	

Этим определяются погрешности трансформатора тока. Токовая погрешность (в %) выражается формулой:

$$f_i = \frac{\frac{W_2}{W_1} \cdot I_2 - I_1}{I_1} 100\%.$$

Угловая погрешность определяется, как угол между вектором первичного тока и вектором вторичного тока, по-

вернутым на 180°. Она принимается положительной, когда повернутый вектор вторичного тока опережает вектор первичного тока.

Величины погрешностей зависят от первичного тока и нагрузки вторичной цепи.

Трансформаторы тока по величине гарантируемых погрешностей подразделяются на 5 классов точности. Для установки на трамвайных подстанциях могут применяться трансформаторы тока 4 классов (табл. 126).

Таблица 127

Размеры трансформаторов тока

Размеры	А		Б		В		Г	
Тип \ Напряжение, кв	6	10	6	10	6	10	6	10
С одним сердечником . .	624	694	126	126	262	295	от 95	от 125
С двумя сердечниками . .	714	784	219	219	262	295	до 100	до 130

Таблица 128

Номинальные мощности трансформаторов тока

Номинальный класс точности сердечника	Номинальные вторичные нагрузки сердечников, вт и ом							
	В классе 0,5		В классе 1		В классе 3		В классе 10	
	вт	ом	вт	ом	вт	ом	вт	ом
0,5	15	0,6	30	1,2	75	3,0	Не нормируется	
1	—	—	15	0,6	40	1,6		
3	—	—	—	—	30	1,2	60	2,4

Кроме указанных в табл. 126, выпускаются трансформаторы тока для специальных защит.

Основные размеры применяемых трансформаторов тока ТПФ и ТПФУ (фиг. 237) приведены в табл. 127.

Номинальные мощности трансформаторов тока ТПФ и ТПФУ приведены в табл. 128.

Трансформаторы тока выпускаются на номинальные токи первичной цепи: 5; 7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600 а и больше.

163. ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Трансформаторы напряжения рассчитываются так, чтобы при номинальном первичном напряжении на вторичной стороне получить 100 в. Первичное номинальное напряжение для применяемых на трамвайных подстанциях трансформаторов принимается 3000, 6000 и 10 000 в.

Таблица 129

Данные трансформаторов напряжения

Тип	Номин. напряжение, в		Мощность трансформатора, ва				Примечание
	первичное	вторичное	В классе точности			Максимальная	
			0,5	1	3		
НОМ-6 . . .	6000	100	50	80	200	400	однофазные
НОМ-10 . . .	10000	100	80	150	320	—	
НТМК-6 . . .	6000	100	80	150	320	640	трехфазные
НТМК-10 . .	10000	100	160	300	800	1080	

Различают номинальную и максимальную мощность трансформатора напряжения.

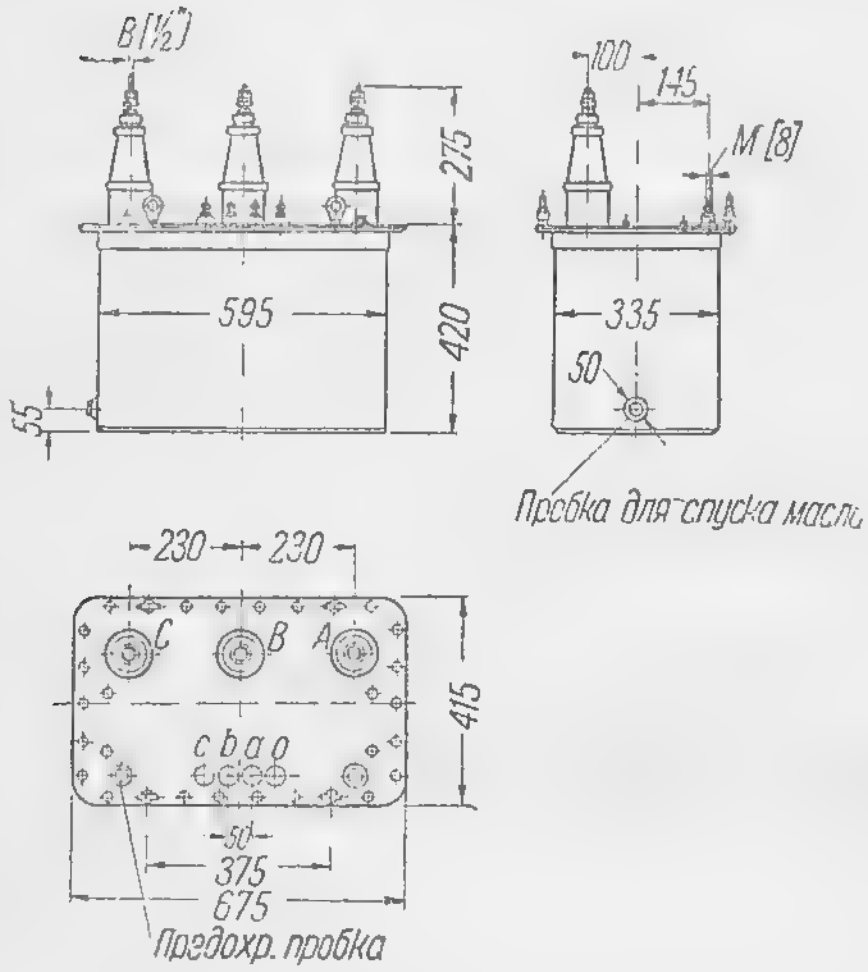
При нагрузке вторичной цепи, не превышающей номинальной мощности, трансформатор напряжения работает

с погрешностями, не выходящими за пределы, соответствующие его классу точности.

Максимальная мощность (длительная мощность, допускаемая исходя из условий нагрева трансформатора) лежит вне всяких классов точности.

Если U_1 и U_2 — действительные величины напряжения первичной и вторичной сторон, а $U_{1н}$ и $U_{2н}$ — соответственно величины номинальных напряжений, то процентная погрешность в коэффициенте трансформации выразится

$$\frac{\frac{U_1}{U_2} - \frac{U_{1н}}{U_{2н}}}{\frac{U_{1н}}{U_{2н}}} 100\%.$$



Фиг. 238. Трансформатор напряжения.

Погрешность в угле выражается углом между вектором первичного напряжения и повернутым на 180° вектором вторичного напряжения.

Трансформаторы напряжения выполняются однофазными и трехфазными.

Для напряжения до 3 кв включительно изготовляются трансформаторы с воздушным охлаждением (сухие), от 6 кв — с масляным охлаждением.

Данные изготовляемых в СССР трансформаторов напряжения для внутренней установки, применяемых на трамвайных подстанциях, приведены в табл. 129.

Для измерений в цепях трехфазного тока применяются трехфазные трансформаторы напряжения или комплект из двух однофазных трансформаторов, соединенных в открытый треугольник (с высокой и низкой стороны).

Для контроля изоляции в трехфазных сетях с незаземленной нейтралью применяется группа из трех однофазных трансформаторов напряжения, соединенных в звезду (с высокой и низкой стороны), с заземлением нулевых точек, или специальные пятистержневые трансформаторы.

Эскиз трехфазного трансформатора напряжения на 10 кв дан на фиг. 238.

Таблица 130

Номинальная сила тока и предельный т. к. з. для плавких вставок

Номинальное напряжение, кв	Номинальная сила тока плавкой вставки, а	Предельный отключаемый т. к. з., а
3	от 2 до 100	3000
6	от 2 до 75	1500
10	от 2 до 50	800

Таблица 131

Основные данные предохранителей типа ПСВ на 6 и 10 кв и плавких вставок к ним

Предохранители			Плавкие вставки		
тип	номинальное напряжение, кв	исполнение	вес вместе с трубкой, кг (около)	номинальная сила тока, а	тип
ПСВ-I-6 ПСВ-I-10	6 10	на двух опорных изоляторах	6 7		
ПСВ-II-6 ПСВ-II-10	6 10	на одном опорном и одном проходном изоляторах с осью вращения на проходном	8 9	2 3 5 7,5 10	ВС-2 ВС-3 ВС-5 ВС-7 ВС-10 и другие
ПСВ-III-6 ПСВ-III-10	6 10	на одном опорном и одном проходном изоляторах с осью вращения на опорном	8 9		
ПСВ-IV-6 ПСВ-IV-10	6 10	на двух проходных изоляторах	11 12		

Выбор трансформаторов напряжения производится:

а) по номинальному напряжению первичной обмотки,

б) по номинальной мощности, которая должна быть не меньше суммарной нагрузки приключенных во вторичной обмотке приборов.

164. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ДОБАВОЧНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Высоковольтные предохранители, предназначаемые для защиты цепей высокого напряжения от перегрузок и коротких замыканий, подразделяются на две группы: 1) силовые и 2) предохранители к трансформаторам напряжения.

Силовые предохранители применяются на трамвайных подстанциях для защиты трансформаторов собственных нужд (мощностью от 20 до 50 квт) со стороны высшего напряжения.

Таблица 132

Основные данные предохранителей ТПВ на 6 и 10 кв и патронов к ним

Тип		Номинальное напряжение, кв	Исполнение предохранителя	Вес предохранителя с патроном, кг
предохранителя	патрона			
ПТВ-I-6 ПТВ-I-10	ППТ—10	6	На двух опорных изоляторах	6,8 8,0
ПТВ-II-III-6 ПТВ-II-III-10	ППТ—10	6 10	На одном опорном и одном проходном изоляторах	7,2 10,0
ПТВ-IV-6 ПТВ-IV-10	ППТ—10	6 10	На двух проходных изоляторах	8,5 12,0

Величины предельного т. к. з. для плавких вставок предохранителей типа ПСВ приведены в табл. 130, а данные об исполнениях этих предохранителей и номинальных токах плавких вставок — в табл. 131.

Для защиты трансформаторов напряжения с высокой стороны изготовляются специальные предохранители для

внутренней установки типа ПТВ, у которых номинальный ток плавкой вставки не нормируется (табл. 132).

Заводом гарантируются следующие значения предельно отключаемого т. к. з. для предохранителей ПТВ:

при 3 кв — 1000 а
при 6 кв — 500 а
при 10 кв — 200 а

В большинстве случаев т. к. з. в установках превосходят эти гарантированные заводом значения. Для сведения т. к. з. к величинам, допустимым для предохранителей ПТВ, применяются добавочные сопротивления (табл. 133), включаемые последовательно с ПТВ со стороны питания.

Таблица 133

Данные добавочных сопротивления СДВ на 6 и 10 кв

Тип	Номинальное напряжение, кв	Вес, кг	Примечание
СДВ-0-6 СДВ-0-10	6 10	6 6,8	На одном опорном изоляторе
СДВ-П-6 СДВ-П-10	6 10	9 10	На проходнем изоляторе
СДВ-1Р- 6 СДВ-1Р-10	6 10	13,5 16,7	Встроенное в нож разъединителя

В последнее время нашими заводами налажен выпуск высоковольтных предохранителей с засыпкой патрона кварцевым песком. Для номинальных напряжений 6 и 10 кв силовые предохранители такой конструкции типа ПК характеризуются предельной отключаемой мощностью 200 мгва, а предохранители к трансформаторам напряжения типа ПКТ-1000 мгва.

165. ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Перенапряжения, т. е. повышения напряжения против нормального до величины, опасной для изоляции, на трамвайной подстанции могут иметь место как в части установки, связанной с питающей высоковольтной системой, так и в части установки на стороне выпрямленного тока 600 в.

Различают перенапряжения, вызванные атмосферными явлениями (прямой удар молнии, индуктирование вследствие разрядов между облаками вблизи линии передачи), и ком-

мутационные, связанные с изменением режима работы установки (отключение больших мощностей, обратные зажигания в ртутных выпрямителях и др.).

Первые перенапряжения называют внешними и вторые — внутренними. На трамвайных подстанциях со стороны высокого напряжения приходится практически считаться только с внешними перенапряжениями и, главным образом, в случаях питания воздушными линиями передачи. Внешние перенапряжения могут появляться и в части цепей 600 в при питании контактной сети воздушными фидерами.

Защита подстанций со стороны высокого напряжения от атмосферных перенапряжений в настоящее время осуществляется вентильными, а также трубчатыми депонными разрядниками. Напряжение на вентильном разряднике при росте тока увеличивается не пропорционально току, а медленнее: это определяется уменьшением сопротивления разрядника с ростом тока.

Сопротивления таких разрядников представляют собой колонки, часто собираемые из дисков тирита (смесь глины, карборунда и графита) диаметром 154 мм и высотой 20 мм (табл. 134). Зависимость напряжения на разряднике U от силы протекающего через него тока I может быть выражена:

$$U = c \cdot I^{(1-\alpha)},$$

где c и α — постоянные сопротивления, зависящие от состава и обработки материала (тирита).

Таблица 134

Данные тиритовых разрядников на 3, 6 и 10 кв

Тип	Рабочее напряжение, кв	Вес, кг	Полная высота, мм	Диаметр по оси отверстий для болтов, крепящих разрядник к конструкции, мм
РЗСН-3	3	25 ± 2	265 ± 4	236
РЗСНА- 6	6	45 ± 3	375 ± 8	340
РЗСНА-10	10	55 ± 4	454 ± 13	340

166. ОШИНОВКА, КАБЕЛИ И ИЗОЛЯТОРЫ

Ошиновка высокого напряжения, так же как ошиновка стороны постоянного тока 600 в, осуществляется шинами из меди или алюминия.

При рабочих токах до 300 а применяют также стальные шины.

Таблица 135

Допустимые нагрузки для плоских медных шин, смонтированных на ребро, при температуре окружающего воздуха 25° С

Размеры шин, мм	Сечение, мм²	Переменный ток при одной шине, а	Постоянный ток, а		
			одна шина	две шины	три шины
30× 4	120	465	—	—	—
40× 4	160	605	610	1155	—
40× 5	200	680	685	1300	—
50× 5	250	835	845	1600	—
50× 6	300	915	935	1770	—
60× 6	360	1080	1100	2100	3090
80× 6	480	1400	1440	2740	4040
100× 6	600	—	1780	3380	4980
60× 8	480	1245	1280	2430	3580
80× 8	640	1590	1665	3160	4660
100× 8	800	—	2050	3920	5780
80×10	800	—	1865	3540	5230
100×10	1000	—	2290	4350	6400

Таблица 136

Допустимые нагрузки для плоских алюминиевых шин, смонтированных на ребро, при температуре окружающего воздуха 25° С

Размеры шин, мм	Сечение, мм²	Переменный ток при одной шине, а	Постоянный ток, а		
			одна шина	две шины	три шины
30× 4	120	355	—	—	—
40× 4	160	465	465	885	—
40× 5	200	520	525	995	—
50× 5	250	640	645	1230	—
50× 6	300	705	710	1355	—
60× 6	360	835	845	1600	2365
80× 6	480	1080	1100	2085	3075
100× 6	600	—	1355	2575	3800
60× 8	480	960	980	1855	2735
80× 8	640	1245	1270	2415	3560
100× 8	800	—	1570	2980	4390
80×10	800	—	1430	2735	4000
100×10	1000	—	1755	3330	4920

Таблица 137

Допустимые нагрузки переменным током 50 гц для плоских стальных шин, смонтированных на ребро, при температуре окружающего воздуха 25° С

Размер шин, мм	30×3	40×3	50×3	30×4	40×4	40×5	50×4	50×5	50×6	60×6	80×6	80×8
Сечение, мм²	90	120	150	120	160	200	200	250	300	360	480	640
Допустимая нагрузка, а	95	125	150	105	135	140	160	170	175	210	275	220

Шины и голые провода окрашиваются обычно в условные цвета.

При трехфазном токе фаза А окрашивается в желтый цвет, фаза В — в зеленый, фаза С — в красный.

Однофазные ответвления от проводов и шин трехфазного тока должны окрашиваться в цвета соответствующих фаз.

При шестифазном токе I фаза окрашивается в желтый цвет, II фаза — в желтый и зеленый, III фаза — в зеленый, IV фаза — в зеленый и красный, V фаза — в красный, VI — в красный и желтый.

При постоянном токе шины и провода положительной полярности окрашиваются в цвет бордо, а отрицательной — в синий. Проводка защитного заземления окрашивается черным цветом.

Сечения шин во всех участках подстанции должны соответствовать длительным токовым нагрузкам.

Допустимые нагрузки для плоских окрашенных медных и алюминиевых шин, вычисленные из условий повышения температуры шин до 70°, приведены в табл. 135 и 136.

Допустимые нагрузки для плоских стальных шин приведены в табл. 137.

Шины высокого напряжения должны проверяться на термическую устойчивость действию т. к. з.

Минимальное сечение шин q_{min} (в мм²) по условиям термиче-

ской устойчивости при коротком замыкании, исходя из максимально допустимой температуры нагрева т. к. з. для алюминия — 200°, для стали — 300° С, может быть определено из выражений (I_∞ в ка):

для алюминиевых шин:

$$q_{\min} = \frac{I_\infty \sqrt{t_\phi}}{83} \cdot 10^3;$$

для стальных шин:

$$q_{\min} = \frac{I_\infty \sqrt{t_\phi}}{60} \cdot 10^3.$$

На трамвайных подстанциях соединения отдельных элементов оборудования переменного тока высокого напряжения часто выполняются кабелем (соединение масляников с силовыми трансформаторами и др.). Кабели 3, 6, 10 кв обычно применяются освинцованные, бронированные, марок СБГ и СБСГ; джутовая оплетка при прокладке кабелей внутри здания должна быть снята. Сечения кабелей следует выбирать из условий длительной нагрузки рабочим током и проверять с точки зрения термической устойчивости при коротких замыканиях.

Предельно допустимые нагрузки для трехжильных кабелей с медными жилами, прокладываемых на открытом воздухе, приведены в табл. 138.

Таблица 138

Допустимые нагрузки для трехжильных кабелей, прокладываемых на открытом воздухе при температуре его 25° С

Сечение жилы, мм²	Допустимые нагрузки при температуре воздуха 15° С, а		
	3 кв	6 кв	10 кв
10	60	65	55
16	80	65	65
25	105	90	90
35	125	115	105
50	155	140	135
70	200	175	175
95	245	215	200
120	285	250	240

Максимально допускаемую температуру нагрева при коротком замыкании для кабелей 3—10 кв с медной жилой принимают 250° С. При этих условиях минимальное сечение жилы (в мм²) из условий термической устойчивости определится из формулы (I в ка):

$$q_{min} = \frac{I_\infty \sqrt{t_{\phi}}}{165} \cdot 10^3 .$$

Силовые кабели 600 в и низкого напряжения выбирают, исходя из длительной нагрузки рабочим током по нормам допустимых нагрузок в соответствии с конструкцией кабеля и условиями его прокладки.

Изоляторы, применяемые для распределительных устройств трамвайных подстанций (внутренняя установка), разделяются по назначению на опорные и проходные.

По механической прочности изоляторы разбиваются на четыре серии:

Серия А — с разрушающей нагрузкой ($P_{разр}$) 375 кг
Серия Б — с разрушающей нагрузкой ($P_{разр}$) 750 кг
Серия В — с разрушающей нагрузкой ($P_{разр}$) 1250 кг
Серия Д — с разрушающей нагрузкой ($P_{разр}$) 2000 кг

Опорные изоляторы выбираются: а) по номинальному напряжению, б) по механическим усилиям при т. к. з.

Проходные изоляторы, кроме того, выбираются по номинальной силе тока и проверяются на термическую устойчивость токоведущего стержня действию т. к. з.

Изоляторы должны удовлетворять следующим требованиям:

а) максимальное рабочее напряжение установки должно соответствовать номинальному напряжению изолятора;

б) усилие, действующее на изолятор P, равное Fl, если изолятор стоит в среднем пролете, и $\frac{Fl}{2}$, если он стоит на конечном пролете, не должно превышать разрушающую нагрузку изолятора, деленную на коэффициент запаса k, принимаемый не менее 1,7:

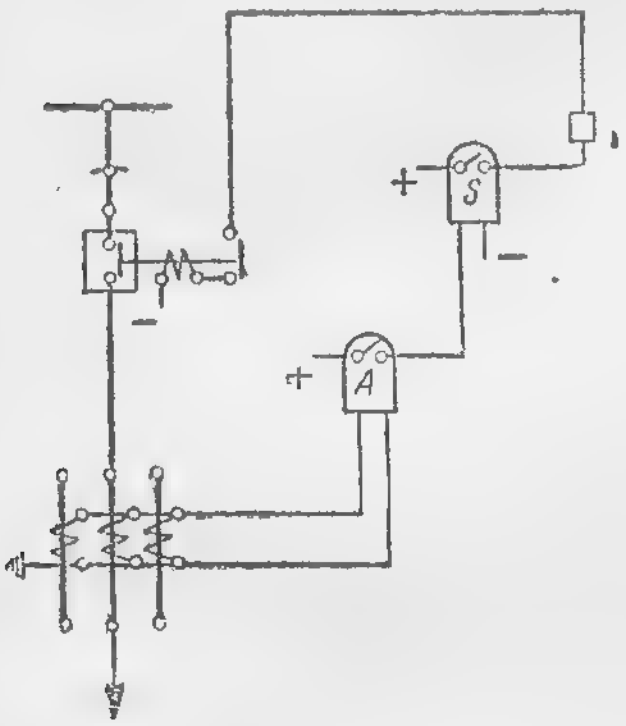
$$P \leqslant \frac{P_{раз}}{k};$$

в) длительно пропускаемый по проходному изолятору рабочий ток не должен превышать номинальную силу тока изолятора;

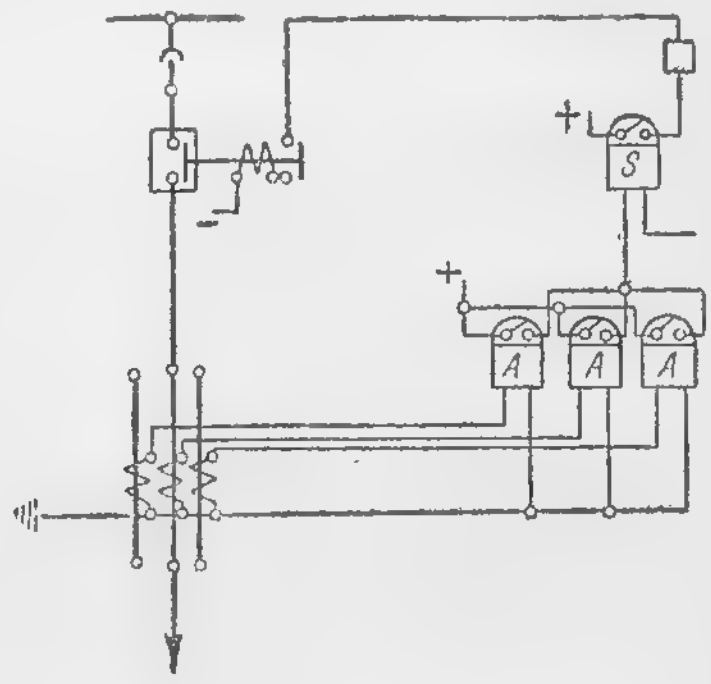
г) установившийся т. к. з. (J_∞) не должен превышать допустимого для проходного изолятора тока термической устойчивости, пересчитанного на фиктивное время протекания т. к. з. (см. п. 160).

167. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

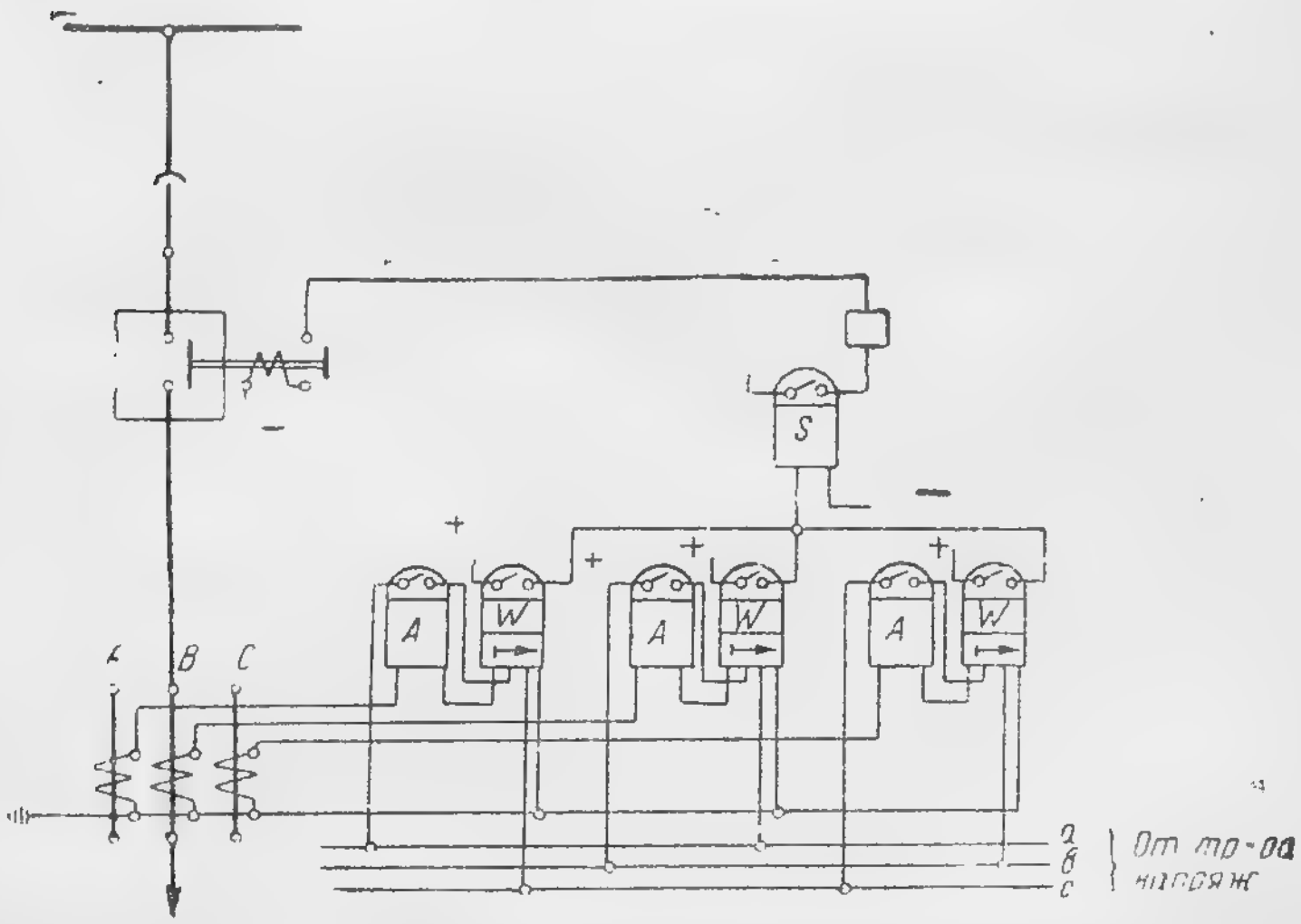
Основные элементы трамвайной подстанции (питающие вводы высокого напряжения, преобразовательные агрегаты,



Фиг. 239. Схема максимальной независимой токовой защиты:
A — токовое реле; *S* — реле времени.

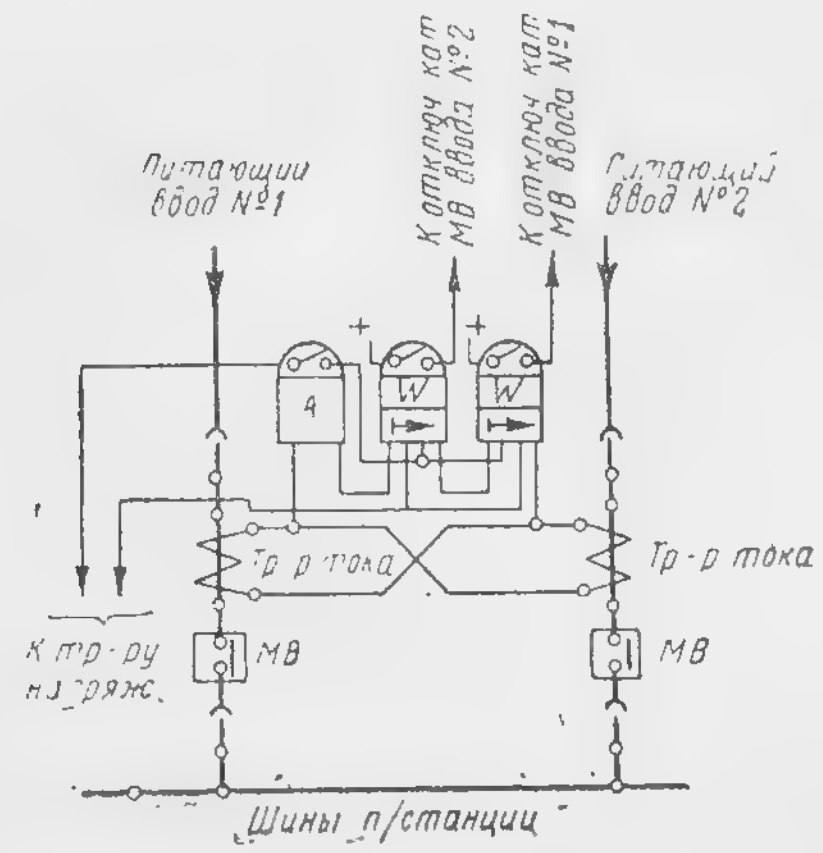


Фиг. 240. Схема токовой защиты от замыканий на землю.



Фиг. 241. Схема максимально направленной защиты:
A — токовое реле; *W* — реле мощности; *S* — реле времени.

во многих случаях трансформаторы собственных нужд и др.) снабжаются релейной защитой. Релейная защита предназначена для автоматического отключения или подачи предупреждающего сигнала при ненормальностях в защищаемом объекте. Правильная работа защиты обеспечивает бесперебойность токоснабжения тяговой сети и ограничивает размеры повреждений оборудования при авариях.



Фиг. 242. Схема дифференциальной направленной защиты:

A—токовое реле; *W*—реле мощности; *МВ*—масляный выключатель.

Основные требования, предъявляемые к релейной защите:

а) селективность действия, т. е. отключение только поврежденного участка и оставление в работе здоровых (лежащих вне зоны действия данной защиты) частей системы;

б) достаточная чувствительность, т. е. работа не только в случае полного нарушения нормального режима, но и реакция на отклонения от нормального режима;

в) отключение поврежденного участка с максимальной быстротой (в установленных для защиты пределах из условий селективности и др.) для уменьшения размеров разрушения поврежденного участка и устранения вредных воздействий на здоровые части системы;

г) простота и надежность схемы и аппаратуры, обеспечивающие безотказность работы.

На фиг. 239, 240, 241 и 242 приведены схемы релейных защит.

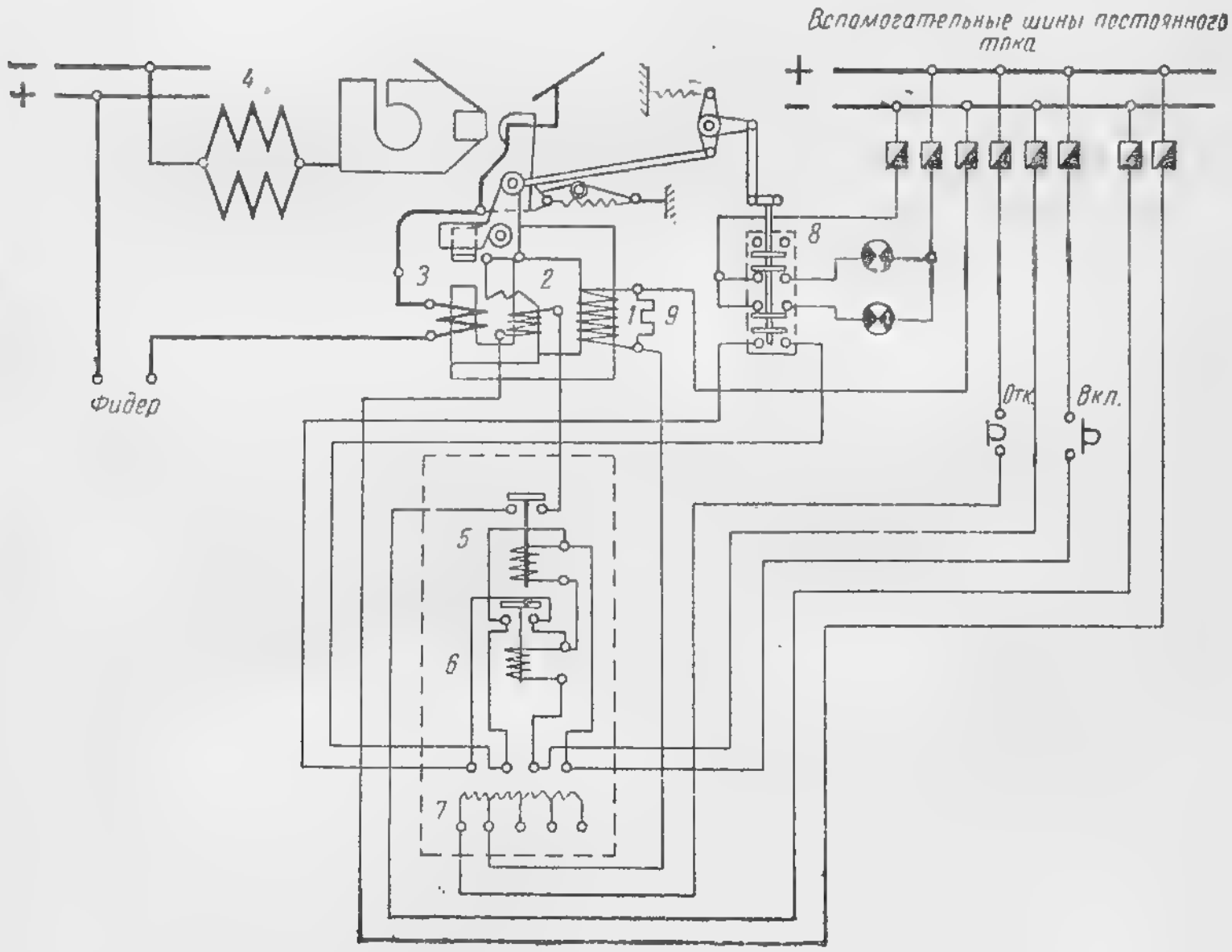
Трамвайные подстанции обычно имеют по два питающих ввода высокого напряжения. Если оба ввода присоединены к источникам с синхронным напряжением, допустима их параллельная работа.

Параллельная работа вводов требует применения направленной защиты, обеспечивающей селективность отключения ввода при повреждениях в питающей линии.

Максимальная токовая защита такой селективности не дает, так как при повреждении на одной из линий будут отключены оба ввода.

168. БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ И МАКСИМАЛЬНЫЕ АВТОМАТЫ

Основная задача быстродействующего автомата — в короткий промежуток времени (0,01—0,015 сек.) отключить поврежденный участок. При установке в цепи выпрямителя быстродействующий автомат должен отключать цепь лишь в случае перемены направления тока (когда ток течет от положительной шины 600 в к катоду).



Фиг. 243. Схема включения быстродействующего автомата:
1 — держащая катушка; *2* — включающая катушка; *3* — катушка главного тока; *4* — катушка магнитного дутья; *5* — контактор; *6* — блокирующее реле; *7* — добавочное сопротивление; *8* — коммутатор автомата; *9* — разрядное сопротивление.

Быстродействующие автоматы могут устанавливаться также для защиты отходящих в контактную сеть положительных фидеров.

Заводом «Электросила» выпускались быстродействующие автоматы нескольких типов: БАОД, БАОД-к, БДА; в настоящее время выпускаются автоматы типа ВАБ (выключатель автоматический быстродействующий).

Схема включения ВАБ приведена на фиг. 243.

Основные технические данные автоматов ВАБ для напряжения 600 в и тока до 2000 а приведены в табл. 139.

Таблица 139

Данные автоматов ВАБ

Тип	Длительная нагрузка, а	Пределы регулировки, а		Ток держащей катушки, а
		исполнение А	Другие исполнения	
ВАБ-600/6	600	400—1000	—	0,5
ВАБ-1000/6	1000	800—2000	—	0,5
ВАБ-2000/6	2000	800—2000	—	0,5

Продолжение

Тип	Ток включающей катушки, а при напряжении, в			Габаритные размеры, мм			Вес, кг
	110 в	220 в	600 в	длина	ширина	высота	
ВАБ-600/6	80	40	19,2	780	240	980	120
ВАБ-1000/6	80	40	19,2	780	240	980	125
ВАБ-2000/6	80	40	19,2	780	240	980	135

Для защиты питающих фидеров, отходящих от шин 600 в к контактной сети, устанавливаются как быстродействующие, так и обычные максимальные автоматы со временем отключения до десятых долей секунды. На трамвайных подстанциях применяются максимальные автоматы различных типов. Данные автоматов типа *А* приведены в табл. 140.

Данные автоматов типа *А*

Таблица 140

Тип автомата	Номинальный ток катушки максимального реле, а	Калибровка установок на максимальный ток, а	Управление
А-2030	400 600	400— 600— 800 600— 800—1200	Рукоятка для непосредственного управления, рычажный ручной привод
А-2050	800 1000 1500	800—1200—1600 1000—1500—2000 1500—2250—3000	То же и соленоидный привод

Таблица 141

Данные свинцовых аккумуляторов, применяемых на трамвайных подстанциях

Тип элемента	При продолжительности разряда в 1 час			При продолжительности разряда в 2 часа			Наружные размеры сосуда, мм			Вес без кислоты, кг	Серная кислота плотностью 1,18, л	Примечание
	емкость, а-ч	максимальный ток, а при		емкость а-ч	максимальный ток, а при		длина	ширина	высота			
		заряде	разряде		заряде	разряде						
СК- 1	18,5	11	18,5	22	11	11	80	215	270	8,6	4	В стеклянных сосудах
СК- 2	37	22	37	44	22	22	130	215	270	14,1	6,5	
СК- 3	55,5	33	55,5	66	33	33	180	215	270	18,5	9	
СК- 4	74	44	74	88	44	44	215	230	270	22,4	11	„
СК- 5	92,5	55	92,5	110	55	55	215	230	270	28,0	10,5	„
СК- 6	111	66	111	132	66	66	215	195	485	31,9	16	„
СК- 8	148	88	148	176	88	88	215	195	485	41,9	16,5	„
СК-10	185	110	185	220	110	110	215	260	485	51,6	20	„

Таблица 142

Данные аккумуляторных батарей (12 вольт)

Тип	Напряжение батареи, в	Емкость, ач		Нормальный зарядный ток, а	Размеры, мм				Примечание
		при двадцатичасовом разряде	при десятичасовом разряде		Длина	Ширина	Высота	Вес элемента с электролитом, кг	
Кислотные, стартерные									
6СТЭ-64	12	64	58	4	508	148	220	31,0	
6СТЭ-80	12	80	72,5	5	450	195	220	38,3	
6СТЭ-112	12	96	87	6	500	195	235	45,5	

169. СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ ПОДСТАНЦИЙ

Для питания вспомогательных цепей ртутных выпрямителей, электрического освещения зарядных агрегатов аккумуляторных батарей, некоторых элементов сигнализации и др. на подстанции требуется переменный ток напряжением 220/127 или 380/220 в.

В качестве независимого источника постоянного тока на трамвайных подстанциях применяются батареи кислотных (свинцовых) аккумуляторов стационарного типа СК (прежний тип ИС). Они комплектуются из последовательно соединенных элементов в количестве, поддерживающем на шинах необходимое для аппаратов напряжение (чаще всего 110 в). Иногда применяются малые батареи переносного типа на напряжение 24 в (главным образом, для питания цепей защиты).

Данные свинцовых аккумуляторов стационарного типа приведены в табл. 141; данные малых батарей 12 в переносного типа — в табл. 142.

Допустимый толчковый ток для аккумуляторов СК составляет 48 × *Na*, где *N* — числовой индекс (номер) типа элемента.

Гарантированные значения емкости и тока для любого номера аккумулятора типа СК могут быть получены умножением значения для СК-1 на номер аккумулятора.

Аккумулятор СК-1 при разряде продолжительностью более 2 часов имеет следующие емкости:

при продолжительности разряда	3	час.	27	а-ч
»	» 5	»	30	»
»	» 7,5	»	33	»
»	» 10	»	36	»
»	» 20	»	40	»
»	» 22	»	41	»

Стационарные батареи эксплоатируются по методу «заряд-разряд» или по методу непрерывного (дозового) подзаряда.

Для батарей, работающих по методу «заряд-разряд», применяются двойные элементные коммутаторы с сервомоторным (типа ЭК-6390) и ручным приводом (табл. 143).

Таблица 143

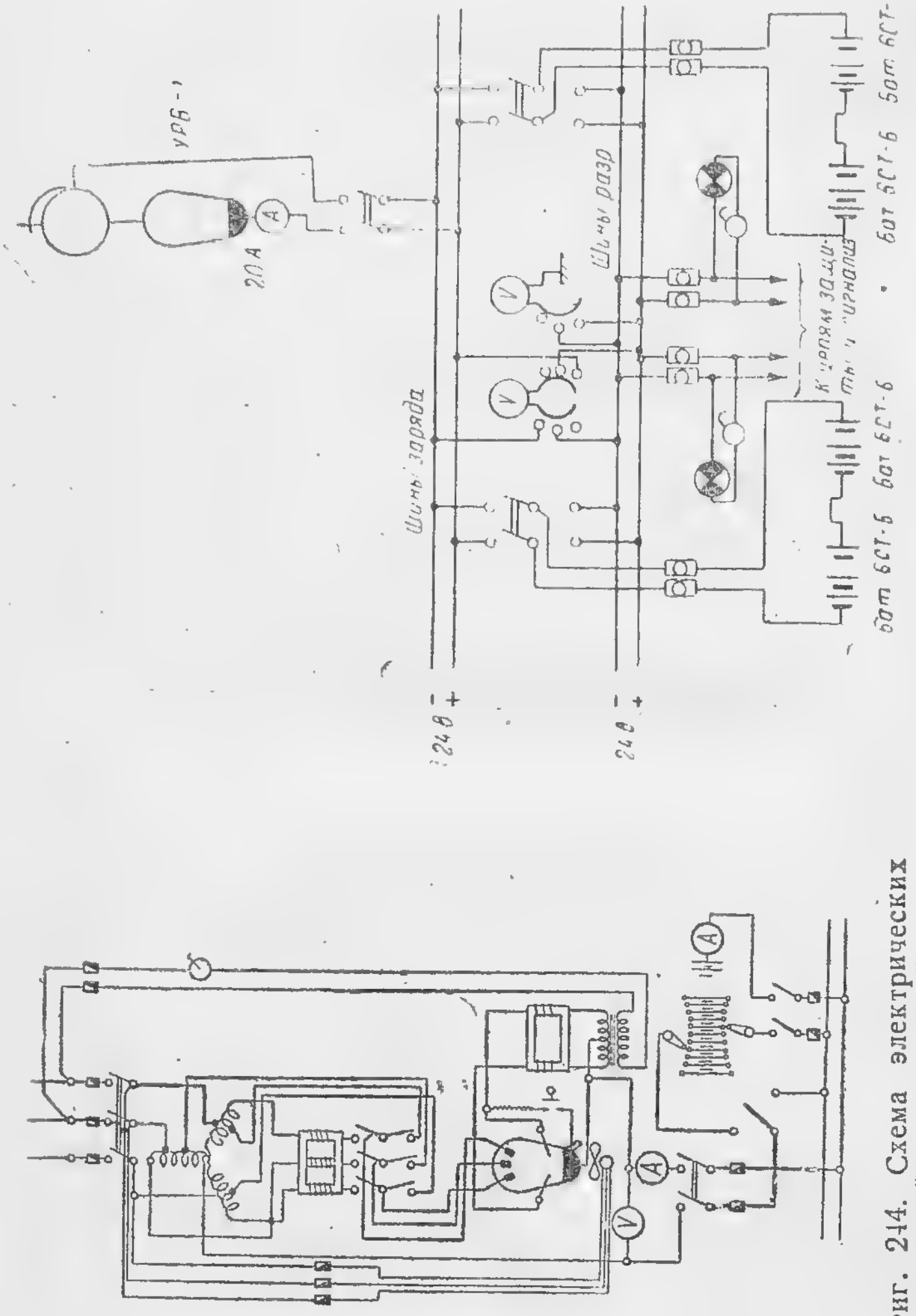
Данные элементных коммутаторов с ручным приводом на 23 контакта типа ЭК-120-122 завода ХЭМЗ

Тип коммутатора	номинальная сила тока, а	Основные размеры, мм				
		длина (ширина) плиты	расстояние между отверстиями крепящих болтов	длина выступающей сзади плиты контактной шпильки	толщина плиты	расстояние от поверхности плиты до конца маховика
ЭК-120	35	280	240	75	20	120
ЭК-121	100	380	330	75	25	150
ЭК-122	200	500	450	63	30	185

Для зарядки аккумуляторных батарей могут применяться моторгенераторы (табл. 144), стеклянные ртутные выпрямители (табл. 145), селеновые выпрямители. При работе батареи по методу дозового подзаряда предпочитаются моторгенераторы.

Схема соединений зарядного ртутного выпрямителя со стационарной аккумуляторной батареей, работающей по методу «заряд-разряд», и двойным элементным коммутатором

показана на фиг. 244; схема для аккумуляторной батареи переносного типа на 24 в с зарядным стеклянным выпрямителем — на фиг. 245.



Фиг. 245. Схема электрических соединений аккумуляторной батареи переносного типа на 24 в с зарядным агрегатом.

Фиг. 244. Схема электрических соединений стационарной аккумуляторной батареи и зарядного стеклянного ртутного выпрямителя.

Повышенное напряжение (160 и 320 в) генераторов (табл. 144) допустимо в течение 30—40 мин. Мощности

двигателей, указанные в табл. 144 в скобках, каталожные; без скобок указаны мощности, отдаваемые двигателями генераторам.

Таблица 144

Данные моторгенераторов завода «Электросила», применяемых для заряда аккумуляторных батарей

Генератор				Двигатель				Агрегат			
тип	мощность, квт	напряжение, в	к. п. д., %	тип	синхронное число, об/мин	мощность, квт	напряжение, в	к. п. д., %	cos φ	к. п. д., %	вес, кг
ПН-45	2,6	115/160 230/320	81,3	АД-41-4	1500	(4,3) 3,2	127/220 220/380 500	85,0	0,82	69,0	223
ПН-68	4,1	115/160 230/320	80	АД-42/4	1500	(5,8) 5,1	120/220 220/380 500	86,0	0,83	69,0	275
ПН-85	6,5	115/160 230/320	82	АД-52/4	1500	(10) 7,9	127/220 220/380 500	87,0	0,84	71,5	347
ПН-100	10,5	115/160 230/320	83	АД-62/4	1500	(14) 12,7	220/380 500	87,5	0,85	72,6	517

170. ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

В электрических установках различают два вида заземлительных устройств — рабочее и защитное. Рабочее заземление предназначается для защиты оборудования или улучшения условий его работы, защитное — для обеспечения безопасности обслуживающего персонала.

К защитному заземлению присоединяют следующие части:

а) рукоятки, приводы, маховики электрической аппаратуры;

б) кожухи трансформаторов, баки масляных выключателей, рамы разъединителей, арматура изоляторов и др.;

в) металлические оболочки проводов и кабелей, кабельные воронки, корпуса кабельных муфт и т. п.;

г) каркасы щитов высокого и низкого напряжения;

д) вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения.

Таблица 145

Данные ртутновыпрямительных устройств со стеклянными выпрямителями для зарядки аккумуляторных батарей

Тип устройства	Сторона постоянного тока		Сторона переменного тока					К. п. д; %	Система охлаждения	Максимальные габариты, мм		
	напряжение, в	сила тока, а	система тока	напряжение, в	сила тока, а	потребляемая мощность, ква	коэфициент мощности			длина	ширина	высота
ВАР-1	12 или 24	6	одно-фазный	127/220	2,9/1,7 / 4,8/2,8	0,37 / 0,61	0,58 / 0,53	34 / 45	естест-вен.	420	220	520
ВАР-6	12 или 24	20	то же	127/220	7,5/4,8 / 11,2/6,5	0,95 / 1,42	0,70 / 0,69	36 / 49	то же	525	430	1110
ВАР-14	120	30	трех-фазный	220/380	23/13	8,9	0,57	71	то же	525	540	1270
ВАР-24	120	60	то же	220/380	46/27	18	0,56	74	венти-лятор	730	700	2050

Защитное заземление должно быть рассчитано так, чтобы в любое время года были обеспечены безопасные для людей величины напряжения прикосновения и шагового напряжения. Под напряжением прикосновения понимается разность напряжений между заземленным предметом и точкой, отстоящей от него на горизонтальном расстоянии в 0,8 м и на вертикальном — в 1,8 м. Данные о необходимых величинах сопротивления заземления приведены в табл. 146.

Шаговым напряжением называется напряжение, под которым могут оказаться ноги человека на поверхности, имею-

Таблица 146

Данные необходимых величин сопротивления заземления для подстанций, питаемых от сетей с малым током замыкания на землю ($I_з$)

Элементы подстанции	Необходимое сопротивление заземления $R_з$, ом
Части установки с напряжением выше 1000 в — защитное заземление	$R_з \leqslant \frac{250}{I_з}$
Части установки с напряжением до 1000 в — защитное заземление	$R_з \leqslant 4$
Рабочее заземление нейтрали трансформатора собственных нужд	$R_з \leqslant \frac{125}{I_з}$ $R_з \leqslant 4$

Таблица 147

Ориентировочные данные удельных сопротивлений различных грунтов

Грунт	Состояние	Удельное сопротивление ом/см
Глина	Влажная (весной, осенью)	$0{,}08 \times 10^4$
Глина	Сухая (летом)	$0{,}2 \times 10^4 — 1{,}0 \times 10^4$
Суглинок	—	$0{,}6 \times 10^4 — 2{,}5 \times 10^4$
Торф	Мокрый осенью	1×10^4
Торф	Сухой (летом)	3×10^4
Песок	Влажный	$6{,}3 \times 10^4 — 7{,}0 \times 10^4$
Песок	Сухой (летом)	$20 \times 10^4 — 35 \times 10^4$
Каменистый	—	20×10^4
Сильно каменистый .	—	1000×10^4 и выше

щей разные потенциалы, ввиду протекания тока замыкания на землю. Ширина шага принимается 0,8 м.

Переходное сопротивление заземляющих электродов в сильной степени зависит от влажности грунта; оно значительно возрастает при промерзании почвы, меняется по временам года.

Удельное сопротивление земли определяется как сопротивление 1 см³ грунта, замеренное между двумя плоскостями, и измеряется в ом/см или ом/см³ (табл. 147).

В качестве заземляющих электродов чаще всего применяют железные трубы, ленты.

Сопротивление растекания одной трубы может быть определено из формулы:

$$R_0 = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{4L}{d} \text{ ом},$$

где: ρ — удельное сопротивление грунта в ом/см;
L — длина трубы в см;
d — наружный диаметр трубы в см.

При изолированной нейтрали питающей системы расчетный ток замыкания на землю определяется как емкостный ток всей электрически (гальванически) соединенной системы.

Он может быть ориентировочно определен для воздушных сетей из формулы:

$$I_в = \frac{Ul}{400} \text{ а},$$

где: U — рабочее напряжение,
l — длина сетей в км.

Для кабельных сетей расчетный ток может приниматься равным 0,74 а/км при напряжении 3 кв, 0,93 а/км — при 6 кв и 1,18 а/км — при 10 кв. При наличии ваттного тока (например, при питании от генераторов с нейтралями, заземленными через омическое сопротивление) расчетный ток определяется геометрической суммой ваттного и емкостного токов.

171. ПУСК И ОСТАНОВКА РТУТНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Пуск выпрямителей осуществляется дежурным у щита управления: автоматически, если подстанция оборудована автоматикой; с диспетчерского пункта при дистанционном управлении. Последовательность операций во всех случаях одинакова.

При ручном управлении необходимо:

1) осмотреть выпрямитель, обращая внимание на чистоту изоляторов, надежность крепления кабелей и шин. На выпрямителе не должно быть посторонних предметов: инструмента, тряпок и др.;

2) открыть кран охлаждения ртутных насосов и включить ртутные насосы. Если ртутный насос не работал, то выпрямитель может быть готов к пуску не ранее чем через 20 мин., когда нагреются ртутницы насоса;

3) проверить, открыт ли вакуумный кран, и измерить вакуум. Выпрямители РВ-5 и РВ-10 можно включать в работу, если вакуум у них не меньше 5 μ, а выпрямители РВ-20, если вакуум не меньше 3 μ;

4) проверить температуру корпуса. Если температура корпуса к моменту пуска ниже 25° С, то рекомендуется не нагружать выпрямитель сразу больше 70% его номинальной мощности;

5) открыть кран охлаждающей воды корпуса;

6) включить масляный выключатель выпрямителя;

7) включить возбуждение выпрямителя, одновременно контролируя загорание возбуждения по амперметру на щите, а лучше — по якорьку реле зажигания;

Таблица 148

Примерный график включения агрегатов подстанций

Число одновременно включенных агрегатов	Пределы нагрузки на один ртутный выпрямитель по амперметру постоянного тока, а	Пределы суммарной среднечасовой нагрузки агрегатов по мощности (по счетчику переменного тока на высоковольтной стороне), квт
	РВ-20	
1	0—1760	0—1100
2	850—1470	1100—1900
3	980—1385	1900—2700
4	1040—1340	2700—3420
5	1070 и выше	3420 и выше
	РВ-10	
1	0—850	0— 550
2	425—735	550— 950
3	470—690	950—1350
4	520 и выше	1350 и выше

Вольтметр постоянного тока агрегата должен показать напряжение холостого хода.

В целях экономного расходования электроэнергии и рационального использования мощности агрегатов следует ввести график включения преобразовательных агрегатов на тяговых подстанциях.

Для выпрямителей РВ-20 и РВ-10 может быть рекомендован график включения агрегатов подстанций, приведенный в табл. 148.

После включения БАОД и линейных автоматов выпрямитель принимает нагрузку.

172. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЯ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

Уход за выпрямителем заключается в следующем:

1) при ручном управлении через каждые 15 мин. контролируют вакуум. Он не должен превышать 5 μ. Ртутный насос включен все время, а масляный включают по мере надобности, не реже, чем через 8 час.;

2) регулярно проверяют температуру корпуса. Допустимые пределы температуры корпуса, в зависимости от типа РВ — 30—44° С. Резкие колебания температуры ни в коем случае не допускаются. Необходимо поддерживать постоянную температуру при различных нагрузках и регулировать охлаждающую воду;

3) контролируют наличие струи воды в сливной воронке. При неподаче воды более 3 мин. выпрямитель выключают.

4) при выпадении масляника или ВАБ'а немедленно измеряют вакуум у выпрямителя. Если вакуум не ниже 1 μ, выпрямитель можно вновь включить в работу. Если вакуум ниже 1 μ, нужно сначала произвести откачку и после этого включить выпрямитель в работу.

Во время работы выпрямителя необходимо помнить, что корпус, аноды, вакуумный кран, форвакуумный агрегат и трубопроводы находятся под полным рабочим напряжением.

Остановка выпрямителя производится в следующем порядке:

1) выключают масляный выключатель, снимая с выпрямителя нагрузку;

2) выключают ВАБ и линейные автоматы (если выпрямитель работал на линию один);

3) выключают возбуждение;

4) через 5 минут закрывают кран охлаждающей воды корпуса. Ртутный насос остается включенным и нормально охлаждается водой.

При необходимости выключить также ртутный насос предварительно закрывают вакуумный кран. Через некоторое время после остановки выпрямителя рекомендуется для проверки готовности к дальнейшей работе включить его на холостой ход. Если вольтметр покажет полное напряжение холостого хода, выпрямитель выключают окончательно.

173. ОСМОТР И РЕМОНТ РТУТНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

При ежедневном осмотре необходимо:

а) проверить сохранность предохранителя в цепи возбуждения и работу возбуждения;

б) проверить все контакты и гайки в цепи возбуждения; внимательно осмотреть катод РВ через смотровое стекло на конденсационном цилиндре при включенном возбуждении. Масляный выключатель при этом должен быть обязательно выключен;

в) проверить работу автоматического крана масляного насоса;

г) сразу же после остановки РВ, т. е. после выключения масляника и В'АБ'а, проверить рукой нагрев рабочих анодов и всех болтовых соединений рабочих шин и кабелей;

д) осмотреть и зачистить контакты реле зажигания и осмотреть жилу вакуумметра Мак-Леода;

е) проверить количество масла в масляном насосе по маслоуказателю.

При полугодовом периодическом ремонте необходимо:

а) осмотреть внутренность вакуумного корпуса через смотровое стекло, произвести ревизию форвакуумной системы, системы возбуждения и зажигания;

б) произвести ревизию системы охлаждения, прочистить патрубки и шланги охлаждения корпуса РВ и ртутного насоса, проревизовать силовые кабели и кабели управления, проверить изоляцию всех частей выпрямителя, очистить от пыли корпус и всю аппаратуру;

в) произвести переборку ртутного насоса, очистить ртуть, проверить предел откачки форвакуумного и ртутного насосов, проверить натекание форвакуумной системы.

При годовом периодическом ремонте необходимо дополнительно к работам полугодового ремонта произвести:

а) ревизию форвакуумной системы с переборкой масляного насоса, кроме вскрытия его корпуса, со сменой масла;

б) переборку ртутного вакуумметра с очисткой ртути.

Полная переборка масляного насоса, включая его корпус, а также переборка электродвигателя в плановом порядке производится один раз в 2 года.

Капитальный ремонт производится один раз в 4—5 лет. При этом делают полную переборку выпрямителя, включая вскрытие охлаждающей рубашки, очистку и окраску поверхности.

Одновременно выполняется капитальный ремонт со вскрытием главного трансформатора, уравнительного реактора, анодных делителей, утроителя частоты.

Определение натекания в корпусе выпрямителя производится следующим образом:

1) выпрямитель откачивают до предела;

2) при работающем ртутном насосе, когда дальнейшего улучшения вакуума уже не происходит, записывают показание вакуумметра P_0, закрывают вакуумный кран и записывают время;

3) выключают ртутный и масляный насосы, и через 30 мин. измеряют давление в форвакуумном баке P_1;

4) через 8—16 час. делают контрольный отсчет P_2 (не открывая вакуумного крана); разность отсчетов $P_2 - P_1$, деленная на время, прошедшее со времени первого замера вакуума P_1 даст натекание в форвакуумной системе.

5) открывают вакуумный кран и через 20 мин. делают отсчет $P_в$.

Давление, которое было при этом в корпусе, высчитывают по формуле:

$$P_B = \frac{(V_B + V_{фб})P_0 - V_{фб} \cdot P_2}{V_B},$$

где: V_B — объем выпрямителя, а $V_{фб}$ — объем форвакуумной системы.

В табл. 149 приведены объем выпрямителей и нормы натеканий.

Натекание в корпусе определится следующим подсчетом:

$$H = \frac{P_B - P_0}{t + 0{,}33} \text{ } \mu/\text{час},$$

где t — время, прошедшее от закрытия до открытия вакуумного крана, в часах.

Таблица 149

Данные объемов выпрямителей (в *л*) и норм натекания

Тип	Выпуск до 1934 г.		Выпуск 1934 г		Норма натекания, μ
	форвакуумная система	вакуумный корпус	форвакуумная система	вакуумный корпус	
РВ-5	60	260	100	260	1,0
РВ-10	100	560	100	500	0,8
РВ-20	100	1383	100	1070	0,5

174. ФОРМОВКА РТУТНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Формовкой выпрямителя называется процесс удаления частиц газа, находящегося (оклюдированного) в порах металла всех внутренних частей корпуса.

Формовка производится нагреванием всего выпрямителя и непрерывной откачкой. Виды формовки зависят от состояния выпрямителя и продолжительности его нахождения под атмосферой.

Если выпрямитель находился под атмосферой не более 15 мин., производят формовку возбуждением. При включении выпрямителя на линию подбирают нагрузку так, чтобы первое время она не превышала $^1/_5$ нормальной, а затем постепенно, по мере улучшения вакуума, поднималась до полной мощности.

После продолжительного нахождения выпрямителя под атмосферой рекомендуется перед формовкой током подогреть выпрямитель горячей водой или паром до 70° С, продолжая непрерывно откачку, и после этого приступить к формовке.

Формовка током производится через специальный формовочный реостат и может быть выполнена полным или пониженным напряжением.

Формовку полным напряжением рекомендуется производить в исключительных случаях, если головки анодов при

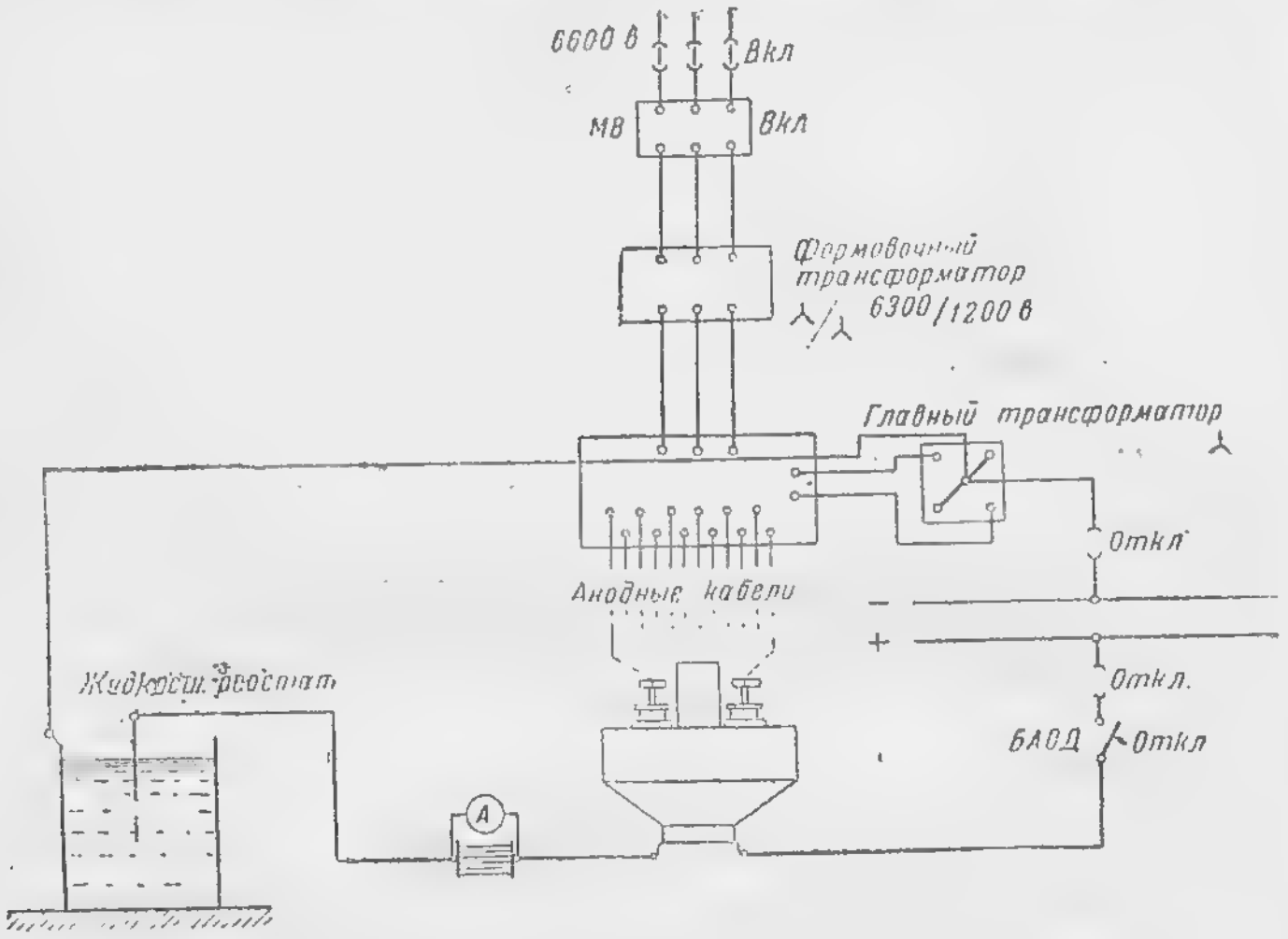
вскрытии не заменялись, и выпрямитель находился под атмосферой не более 6 час.

Лучше производить формовку напряжением 100 в.

Существует несколько схем формовки низким напряжением. Желательно пользоваться такой схемой, чтобы можно было формовать все рабочие аноды одновременно.

Принципиальные схемы соединений при формовке приведены на фиг. 246 и 247.

Формовка низким напряжением происходит следующим образом. Предварительно подогретый выпрямитель фор-



Фиг. 246. Схема формовки ртутного выпрямителя.

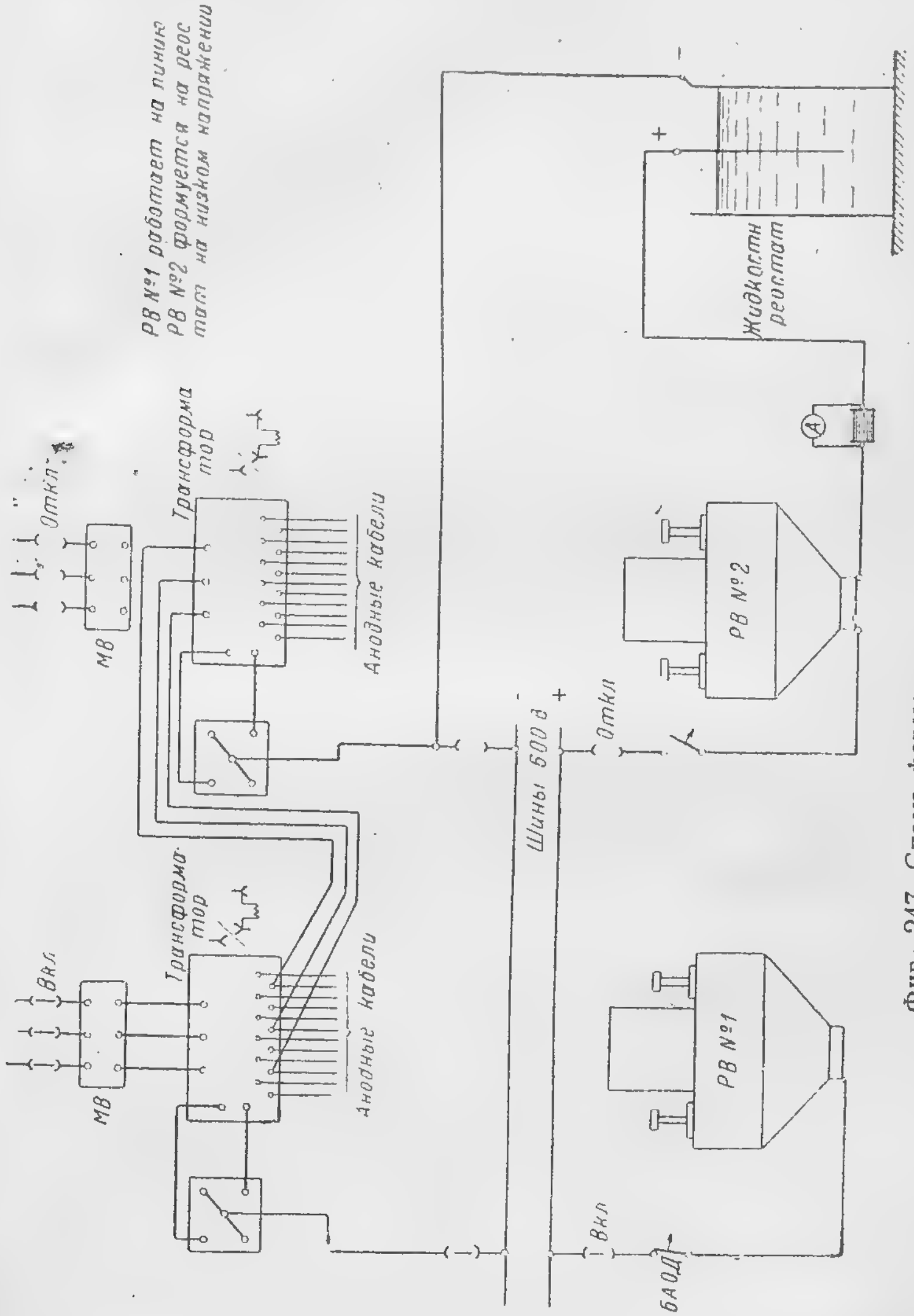
муют возбуждением. Формовка возбуждением заключается в том, что вполне собранный и подогретый выпрямитель продолжают откачивать, включив возбуждение и наблюдая все время за вакуумом. Если вакуум падает до 5 μ, возбуждение выключают, выпрямитель откачивают до 0,5 μ и опять включают возбуждение. Когда вакуум при постоянном выключенном возбуждении перестанет ухудшаться, приступают к формовке главных анодов.

Формовку выпрямителя не рекомендуется прерывать до ее окончания.

Во время формовки небходимо записывать следующие величины:

1) давление по вакуумметру (через 5 мин.);

2) силу тока в цепи катода (через 15 мин.);
3) напряжение выпрямленного тока (через 15 мин.);
4) температуру корпуса (через 15 мин.).



Фиг. 247. Схема формовки ртутного выпрямителя.

Записи делают в специальной ведомости, по которой строят кривые формовки.

Основная величина, за которой нужно следить во время формовки, — это вакуум, который должен быть не ниже 5 μ: ухудшение вакуума ниже 5 μ может привести к оплавлению анодных головок.

Формовку начинают с нагрузки в 20 ÷ 30 а и доводят ее до величины в $1^1/_2$—2 раза больше номинальной. Во время формовки возбуждение должно быть постоянно включено.

Температуру корпуса следует поднимать плавно до 40 ÷ 45°, поддерживая ее до $^3/_4$ предполагаемой силы тока формовки. Затем температуру плавно поднимают до 60° и доводят нагрузку до максимальной. Формовка заканчивается уменьшением нагрузки и плавным снижением температуры до 40 ÷ 45°. Формовку можно считать законченной, когда при силе тока, на 20 ÷ 50% превышающей номинальную, давление в выпрямителе держится 1—1,5 μ.

После окончания формовки производится проверка натекания. Если оно не превосходит нормы, выпрямитель после дополнительной откачки в течение 6 ÷ 8 час. включают на линию.

По заводской инструкции вновь установленный выпрямитель в первый период эксплоатации ($1^1/_2$ месяца) должен работать при следующем режиме;

1) первые 7 дней нагрузка на выпрямитель не должна превышать 50% номинальной;

2) следующие 7 дней нагрузка не должна превышать 75% номинальной;

3) в течение следующего месяца нагрузка не должна превышать номинальной силы тока;

4) форвакуумный насос во время работы выпрямителя в начальный период пускается на 30 мин. через каждые 3 часа.

Если перед последним вскрытием выпрямитель уже был в работе, то начальный период эксплоатации значительно сокращается и может колебаться от одного дня до месяца.

175. АВАРИИ С РТУТНЫМИ ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ

Обратные зажигания могут возникать по следующим причинам: 1) длительная работа выпрямителя с перегрузкой; 2) неодинаковое распределение нагрузки между параллельно работающими анодами (перегрузка одного анода); 3) короткое замыкание во внешней цепи постоянного тока; 4) резкое изменение температуры корпуса; 5) ухудшение вакуума; 6) загрязнение анодов; 7) замыка-

ние анода с корпусом через ртутную смазку; 8) прогар манжеты; 9) отсутствие фильтра.

Внешними признаками аварии являются выпадение масляника и ВЛБ'а при параллельной работе и гул в корпусе выпрямителя. Это явление очень часто связано с ухудшением вакуума. Для определения обратных зажиганий иногда ставят специальные указатели на анодные кабели.

Прежде чем включить выпрямитель после обратного зажигания, надо проверить вакуум, осмотреть рабочие аноды, проверить их нагрев, осмотреть аноды возбуждения, осмотреть катод через смотровое стекло при включенном возбуждении. Если никаких дефектов нет, выпрямитель можно включить в работу.

Аварии с главными анодами происходят в основном от обратных зажиганий. Повреждениям подвергаются части анодов, находящиеся во внутренних частях корпуса. Иногда при обратном зажигании происходят оплавления рабочих контактов на аноде. В этом случае контакт нужно разобрать и зачистить, одновременно проверив остальные аноды. В результате перенапряжений бывают случаи перекрытий с анодов на корпус.

Неисправности возбуждения выпрямителя:

А. Возбуждение при включении не загорается. Причинами этого могут быть: 1) растяжение пружины иглы зажигания; 2) отгорание конца иглы зажигания, вследствие чего игла при включении не достает до ртути катода; 3) короткое замыкание в первичной или вторичной цепи трансформатора; 4) перегорание предохранителей в цепи возбуждения; 5) обрыв цепи иглы зажигания; 6) неисправность контактов реле зажигания; 7) плохой вакуум в выпрямителе; 8) перегорание трансформатора возбуждения.

Б. Дуга при возбуждении загорается, но гаснет. Это происходит обычно от: 1) недостаточной силы тока в цепи возбуждения, что можно заметить по амперметру возбуждения, и 2) неплотного контакта в цепи возбуждения.

В. Перебои в работе возбуждения во время работы выпрямителя. Причинами перебоев могут быть:

1) чрезмерный нагрев обмотки возбуждения трансформатора при включенном возбуждении. При выключенном возбуждении наблюдается

подскакивание якорька реле; это указывает на ухудшение изоляции анодов возбуждения;

2) то опускание, то поднимание сердечника иглы зажигания — в случае замыкания между парой контактов реле или при неправильно собранной схеме возбуждения;

3) перегрев сопротивления в цепи обмотки зажигания по той же причине, что и в предыдущем случае;

4) перегрев трансформатора возбуждения чаще всего от слишком большего тока возбуждения, который надо уменьшить, поставив добавочное сопротивление или дроссель в катодный проводник. Величина тока в катодном проводнике должна быть не ниже 9 ÷ 10 а.

Ухудшение вакуума при работе выпрямителя обычно происходит от: 1) ухудшения работы ртутного и масляного насосов; 2) натекания в корпусе из-за нарушения уплотнений; 3) плохой формовки выпрямителя.

Отказ от работы ртутного насоса может произойти от:

а) перегорания предохранителей в цепи ртутного насоса или самого нагревательного элемента насоса;

б) понижения напряжения на клеммах нагревательного элемента (нормально напряжение должно быть 93 ÷ 105 в для РВ завода «Электросила»);

в) уменьшения количества ртути в насосе или чрезмерного ее увеличения (переход ртути).

Ухудшение работы масляного насоса может произойти, если:

а) количество масла в насосе недостаточно (масло не закрывает клапана);

б) автоматический кран работает плохо (пропускает масло);

в) отвернулась трубка, идущая от форвакуумного бака к насосу, или лопнула трубка по гайке;

г) насос перегрелся и вследствие этого вязкость масла недостаточна.

Нарушение уплотнений происходит от времени (пересыхание резины, уход ртути) или механических повреждений.

Помимо перечисленных случаев падения вакуума в выпрямителе, может происходить понижение напряжения выпрямленного тока и сбрасывание нагрузки при параллельной

работе РВ. Это явление наблюдается при закрытом или полузакрытом вакуумном кране.

Неисправности в системе охлаждения происходят от засорения трубопроводов и рубашек корпуса плохой (жесткой, илистой) водой или посторонними предметами.

Искать засорение нужно прежде всего в узловых соединениях труб (угольники, тройники), в местах соединений труб с резиновыми шлангами, а также в местах изменения сечений труб.

Исчезновение напряжения на шинах высокого напряжения. В этих случаях нужно немедленно отключить масляные выключатели всех работающих РВ, закрыть воду охлаждения корпусов, выключить БАОДы и линейные автоматы и, если нет резервного питания для ртутных насосов, закрыть вакуумные краны всех РВ.

176. АВАРИИ С СИЛОВЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ

Перегрев трансформатора может произойти вследствие:

а) перегрузки;

б) замыкания между несколькими листами железа сердечника;

в) неплотного стыка между сердечниками и ярмом грансформатора;

г) междувиткового замыкания в обмотке;

д) сильного загрязнения обмотки (большой нарост густых отложений масла у давно невскрывающихся трансформаторов);

е) сильного загрязнения охлаждающих труб у трансформаторов с водяным охлаждением;

ж) сильного загрязнения масла.

Перегорание обмоток трансформатора может быть вызвано:

а) наличием дефектов в изоляции, допущенных при изготовлении трансформатора на заводе или при ремонте;

б) плохим укреплением обмотки, когда вследствие сильных толчков тока (короткое замыкание, обратное зажигание) и возникающих при этом динамических усилий происходят сдвиги в обмотке, разрывы и нарушение изоляции (случаи наиболее частые при цилиндрических не секционированных обмотках);

в) наличием плохого масла в трансформаторе (низкая пробойность или кислотность).

Перегорание обмотки может привести к взрыву трансформатора, особенно если он не защищен газовым реле.

Гудение и шум в трансформаторе могут происходить от:

а) плохо стянутого железа сердечника;

б) общего ослабления креплений (болты, крышки, распорки и т. п.);

в) междувиткового замыкания в обмотке;

г) наличия посторонних металлических предметов в кожухе трансформатора.

Течь масла из трансформатора происходит вследствие:

а) дефектов в уплотнениях (разъедание резиновых уплотнений крышки и фланцев изоляторов);

б) плохой затяжки болтов крышки и изоляторов;

в) плохого состояния швов кожуха (плохая сварка);

г) наличия трещин в проходных изоляторах трансформатора.

Автоматическое отключение трансформатора. При автоматическом отключении агрегата (преобразователь-трансформатор), если не установлена причина отключения, т. е. сам преобразователь или ртутный выпрямитель в порядке и на линии не было короткого замыкания или обратного зажигания, необходимо произвести наружный осмотр трансформатора.

При наружном осмотре необходимо установить:

а) степень нагрева трансформатора;

б) не пробиты ли проходные втулки на крышке трансформатора;

в) не повреждены ли кабельные муфты (воронки) подходящих к трансформатору кабелей;

г) исправна ли остальная подводка, не оторваны ли шины, нет ли следов перекрытия вольтовой дугой;

д) не выбросило ли масло из консерватора или аварийного клапана; не пробиты ли прокладки между крышкой или фланцами;

е) нет ли следов значительного повышения давления внутри кожуха, не вспучило ли кожух и нет ли течи масла;

ж) какого цвета и запаха газы, выделившиеся в газовом реле — воздух это или горючие газы.

Включение трансформатора в работу разрешается, если ни один из перечисленных выше признаков не внушает подозрений.

Если при работе трансформатора обнаружится падение масла в консерваторе, при чем долить масло невозможно без отключения трансформатора, а отключить трансформатор нельзя из-за большой нагрузки, то следует увеличить нагрузку агрегата и уменьшить охлаждение трансформатора, чтобы за счет более высокой (допустимой) температуры масла поддерживать его более высокий уровень.

Если уровень масла в трансформаторе исчез из масломерного стекла или окошка газового реле, следует немедленно отключить трансформатор.

Если в трансформатор проникает вода (при охлаждении посредством воды, циркулирующей через змеевики внутри кожуха), трансформатор немедленно выключают.

177. АВАРИИ С АППАРАТУРОЙ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Аварии с масляными выключателями. Основной и самой опасной аварией с масляными выключателями являются взрывы масляников. Причинами их являются:

1) недостаточная разрывная мощность выключателя;
2) неправильная регулировка разрывающих контактов выключателя (не одновременный разрыв всех трех фаз);
3) плохое состояние разрывающих контактов (сильные подгары и заедания в контактах);
4) недостаточная скорость выключения масляника (слабая пружина, заедание траверсы или привода);
5) плохое состояние масла (сильное загрязнение, низкая пробивная способность);
6) недостаточное количество масла в маслянике (низкий уровень).

Нагрев масляников происходит вследствие плохого контактирования в шинах или рабочих контактах масляника (масляник работает на искрогасительных контактах).

Отказ в работе выключающей катушки (явление очень частое у приводов ГП-40, ГП-125 и др.) происходит, если погнут выключающий шток или он заедает от попавшей грязи, когда отходит стопорный винт или обрывается цепь самой катушки.

Аварии с измерительными трансформаторами. Сгорание трансформаторов тока происходит, если они работают с разомкнутой вторичной

обмоткой. Это вызывает перегрев железа и перегорание обмотки.

Перекрытие бакелитовых втулок проходных трансформаторов тока часто происходит, когда одна часть трансформатора находится в ячейке масляника в холодном помещении, а другая — в теплом коридоре высокого напряжения. В современной практике избегают установки проходных трансформаторов тока с бекелитовыми втулками, а применяют фарфоровые втулки. Это касается также проходных втулок масляных выключателей.

Пробой обмоток трансформаторов тока и напряжения встречается довольно редко и может произойти от перенапряжений, возникших на стороне высокого напряжения, или от дефектов, допущенных заводом при изготовлении. При ревизиях необходимо тщательно проверять заземление корпусов и вторичных обмоток измерительных трансформаторов.

Взрывы концевых чугунных муфт кабелей высокого напряжения обычно происходят вследствие плохого монтажа муфт, оседания кабеля, вытекания массы и образования так называемых «каверн» (пустот) в муфте, где скапливается влага. Эти аварии очень опасны и вызывают несчастные случаи. Поэтому в последнее время в закрытых электромашинных помещениях ставят не чугунные концевые муфты, а более безопасные железные воронки.

178. АВАРИИ С АППАРАТУРОЙ 600 в

Максимальный автомат не прерывает дуги. Это явление может произойти в результате: 1) недостаточной скорости разрыва контактов вследствие ослабления выключающей пружины или заедания механизма; 2) недостаточной разрывной мощности автомата (автомат рассчитан на меньшую разрывную силу тока); 3) неправильной регулировки разрывающих контактов автомата (искрогасительные контакты размыкаются быстрее, чем рабочие).

Для ликвидации этой аварии нужно немедленно выключить все работающие машины (умформеры только со стороны постоянного тока). Ни в коем случае не следует выключать рубильник, пока горит автомат, так как в противном случае рубильник сгорит, и лицо, выключающее его, получит ожоги.

Автоматическое отключение линейного автомата может произойти от перегрузки или короткого

замыкания на линии. По инструкции на трамвайных подстанциях разрешается выпавший линейный автомат включать два раза с промежутками 1/2—1 мин. Во время включения необходимо наблюдать за характером отклонения стрелки линейного амперметра. Если при включении стрелка амперметра сразу же отклоняется до упора, что указывает на короткое замыкание в линии, и автомат дважды с силой выпадает, нужно сообщить об этом дежурному инженеру и больше автомат не включать, повесив на него плакат о неисправности на линии.

Перекрытие на корпус ВАБ'а происходит обычно у автоматов завода «Электросила», когда нагрузку с выпрямителя снимают не масляником, а при выключении его от руки контактором. Выключающая пружина у этих автоматов очень слабая. Они рассчитаны только на автоматическое отключение под действием катушки главного тока.

ВАБ не включается. Это явление может произойти:

а) у ВАБ'ов завода «Электросила» от сгорания предохранителей включающей и держащей катушек, перегорания добавочных сопротивлений (при питании включающей и держащей катушек от 600 в), перегорания обмоток самих катушек или нарушения их цепей, а также в случае чрезмерно затянутой выключающей пружины при пониженном напряжении при включении;

б) у ВАБ'ов ВВС от неисправности механической части (защелок) или слабой затяжки пружинки, регулирующей установку тока.

179. УЧЕТ И ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПОДСТАНЦИЯХ

Учет электроэнергии на трамвайных подстанциях проще всего производить на стороне переменного тока, т. е. по высокому напряжению. Обычно устанавливаются трехфазные счетчики, ведущие учет непосредственно по вводам высокого напряжения. Это дает возможность при подсчетах стоимости переработки киловатт-часа учитывать показаниями одного счетчика и полезную отдачу с шин постоянного тока, и расход на собственные нужды, и потери на подстанции.

Необходимо также иметь счетчики на шинах собственных нужд. Их показания нужны при подсчетах себестоимости переработки электроэнергии. Для полноты учета электроэнергии полезно иметь счетчики и на стороне постоянного тока, установленные отдельно на каждом агрегате, или общий счетчик на сборных шинах постоянного тока.

Счетчики, установленные на стороне постоянного тока, дают возможность вести точный учет потерь на подстанции. Это помогает правильному ведению эксплоатации. Кроме того, счетчики на постоянном токе необходимы для точных подсчетов коэффициента использования и загрузки подстанции.

Основные потери электроэнергии на трамвайных подстанциях происходят в преобразовательных агрегатах и трансформаторах и связаны с их коэффициентом полезного действия. Кроме того, омические потери имеют место в проводах, шинах и кабелях внутри подстанции.

Расход электроэнергии на потери и собственные нужды можно для трамвайных подстанций с ртутными выпрямителями принимать (ориентировочно): — 8—10% всего расхода (в зависимости от мощности агрегата); для подстанций с одноякорными преобразователями — 10—13%; для подстанций с моторгенераторами — 13—15%.

Высокий коэффициент загрузки и использования агрегатов — основа правильной эксплоатации: при этом получаются наименьшие потери и высокий cos φ.

На трамвайных подстанциях cos φ имеет обычно довольно высокое значение (при условии, если подстанция имеет достаточную нагрузку, и эксплоатация ее ведется правильно).

Для подстанций с умформерами величина cos φ колеблется в пределах 0,9—0,99, а для подстанций с ртутными выпрямителями — в пределах 0,9—0,96.

Большая величина cos φ, получающаяся в некоторых случаях на умформерных подстанциях, объясняется тем, что умформер, как и всякий синхронный мотор, при увеличении тока возбуждения может увеличивать и cos φ.

Раздел IX

ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ НА ТРАМВАЕ

180. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ДЛЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

Грузовые перевозки на трамвае выполняются подвижным составом трамвайного типа, т. е. в вагонах, имеющих ходовые части обычных трамвайных вагонов, или товарными железно-дорожными вагонами.

В последнем случае трамвайные пути и спецчасти должны быть приспособлены для совместной работы трамвайных и железно-дорожных товарных вагонов.

В качестве тягача в обоих случаях применяются моторные трамвайные вагоны или электровозы.

Грузоподъемность грузового двухосного трамвайного вагона составляет около 10—12 т.

Для грузовых перевозок обычно применяется двухосный электровоз Подольского завода сцепным весом 25 т (см. раздел IV).

Если в качестве тягача применяется трамвайный моторный вагон, он должен быть загружен и иметь сцепной вес не менее 20 т.

Состав поезда (полный вес поезда) определяют, исходя из силы тяги электровозов (сцепного веса электровоза) и руководящего подъема по формуле:

$$Q = \frac{1000\, P_\psi}{w_1 + w_2 + w_3} - P,$$

где: Q — вес прицепной части поезда;

P — сцепной вес электровоза (равный весу электровоза, так как все его оси сцепные);

ψ — коэффициент сцепления бандажа с рельсом;

$1\,000\, P_\psi$ — сила тяги электровоза;

w_1 — основное удельное сопротивление поезда движению (на прямом горизонтальном участке), принимаемое в рассматриваемых условиях 5 кг на тонну;

w_2 — удельное сопротивление на подъеме в кг на тонну, равное величине подъема в тысячных;

w_3 — сопротивление от кривой, принимаемое равным $\frac{750}{R}$ где R радиус в м.

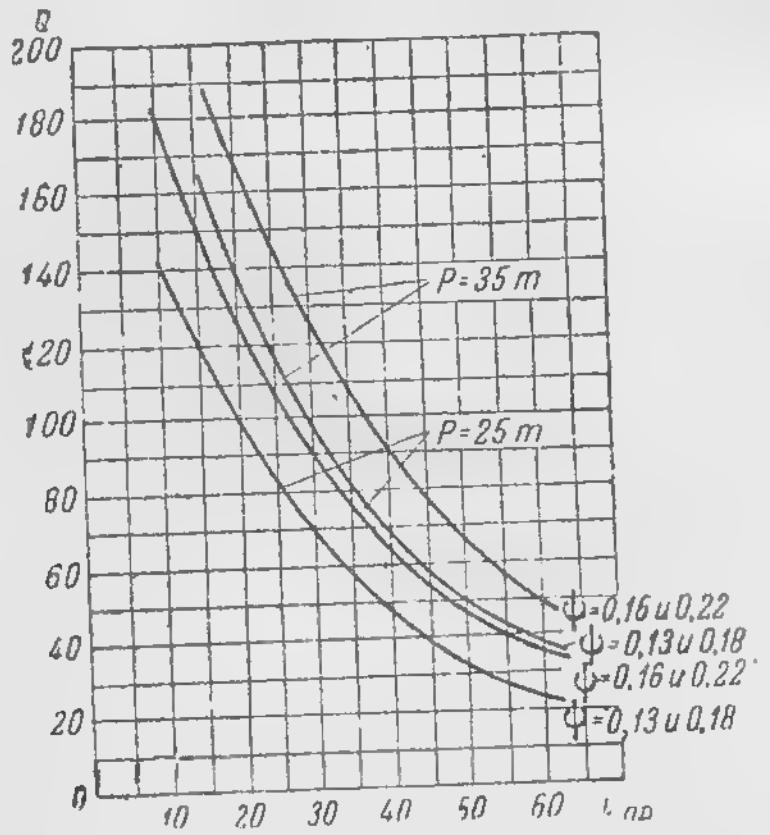
Таблица 150

Зависимость между весами поездов (Q и Q') и приведенным уклоном

$i_{пр}$	10	15	20	25	30	40	50	60
Q	192	138	105	83	68	48	34	25
Q'	142	116	97	82	71	54	42	33
Принимается	142	116	97	82	68	48	34	25
Q	242	175	135	108	89	64	48	37
Q'	180	147	124	106	92	72	57	46
Принимается	180	147	124	106	89	64	48	37

Определенный по приведенной формуле вес поезда необходимо проверить на сопротивление при трогании с места на подъеме, прибавив в знаменателе формулы удельные силы инерции вращающихся частей w_1, которые можно принять равными 11 кг на тонну, и заменив ψ — коэффициент сцепления при движении ψ' — коэффициентом сцепления при трогании с места, имеющим значения большие, чем $\psi \cdot w'_1$ при трогании с места несколько больше w_1 и может быть принято равным 6 кг на тонну:

$$Q' = \frac{1000\, P \psi'}{w'_1 + w'_2 + w_3 + w_4} - P.$$



Фиг. 248. Кривые зависимости коэффициента сцепления от состава грузовых поездов и уклона пути.

В отдельных случаях ψ может получить значения 0,06—0,08 кг на тонну (юз, покрытие рельсов маслом, листопад и пр.), но эти значения не могут быть положены

в основу расчета; в таких случаях следует поднять коэффициент сцепления до нормального значения посыпанием рельсов песком или, в крайнем случае, уменьшить временно состав поезда.

Заменив w_3 эквивалентным уклоном и обозначив $w_2 + w_1$ через $i_{пр}$, получим расчетные формулы:

$$Q = \frac{1000\, P_{\psi}}{5 + i_{пр}} - P;$$

$$Q' = \frac{1000\, P_{\psi}'}{17 + i_{пр}} - P.$$

Ниже приведены значения Q и Q_1 в зависимости от $i_{пр}$ для электровоза весом 25 т при $\psi = 0{,}13$ и $\psi' = 0{,}18$, и $\psi = 0{,}16$ и $\psi' = 0{,}22$ (табл. 150).

Кривые $Q = f(i_{пр})$ (фиг. 248), построенные по данным табл. 150, позволяют решить обратную задачу — определить предельный уклон для данного состава поезда.

На фиг. 248 построены также кривые для электровоза завода «Динамо» им. Кирова весом 35 т.

181. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

Грузовые перевозки по трамвайным путям производятся одновременно с пассажирскими или в часы перерыва пассажирского движения. Второй способ применяется на линиях, предельно насыщенных пассажирскими перевозками, а также на магистралях с интенсивным движением других видов транспорта, если на них отсутствуют специальные отводные пути для погрузочно-разгрузочных работ и выполнение этих операций на ходовых путях возможно только в течение ограниченного промежутка времени замирания движения (ночью).

При совместном движении пассажирских и грузовых поездов скорость движения последних должна быть не ниже пассажирских.

В целях лучшего использования пропускной способности трамвайных путей в местах грузовых операций, необходимо устраивать специальные отводы и пути для погрузочно-разгрузочных работ. При массовых регулярных перевозках устройство таких путей обязательно.

Для организации грузового движения рекомендуется выбирать такие направления на сети трамвая, где подъемы на прямых участках не превышают 30—40%. На таких ли-

ниях можно пропускать двухвагонные составы общим весом 50 т при электровозах в 25 т и трехвагонные (двухосные) или одновагонные (четырехосные) при электровозах в 35 т.

182. ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Грузовые станции должны быть оборудованы и устроены в соответствии с количеством и номенклатурой грузов, которые планируются к перевозкам, с расчетом минимального простоя вагонов под погрузкой и выгрузкой и обеспечения сохранности грузов.

Грузовые станции должны иметь соответствующие количеству грузооборота путевое устройство и складские помещения.

Минимальным путевым устройством является тупик такой длины, которая достаточна для размещения состава поезда.

Длина такого тупика определяется из расчета:

длина	двухосного трамвайного вагона	12 м
„	двухосного железнодорожного вагона	8 м
„	четырехосного трамвайного вагона	16 м
„	железнодорожного вагона	14 м
„	железнодорожной платформы	10 м
„	электровоза	10 м

Во избежание простоев электровозов (или моторных вагонов) при погрузке и разгрузке вагонов подачу поездов в тупики следует производить, помещая электровоз в хвосте поезда.

Хорошей маневренности можно достигнуть укладкой второго пути — тупикового или, еще лучше, — соединенного с погрузочно-разгрузочным путем с обоих концов.

Количество путей и их протяженность при больших грузовых операциях определяются по фронту погрузки и выгрузки по формуле:

$$a = \frac{lN}{n},$$

где: l — длина вагона;
N — суточное количество вагонов;
n — суточное количество вагоноподач.

Количество и протяженность путей можно определить также по длине складских помещений.

На каждой станции в зависимости от номенклатуры ожидаемых грузов должны быть устроены закрытые

складские помещения, полузакрытые платформы и открытые навалочные площадки.

Закрытые склады предназначаются для зерновых грузов, пищевых продуктов, багажа, мануфактуры, кожи и кожевенных изделий и пр.

В закрытых или полузакрытых складах хранится хлопок, металлы и металлические изделия, цемент, алебастр, кирпич, мел, стекло и пр.

На навалочных площадках складываются некоторые строительные материалы (камень, кирпич, песок, щебень, гравий, лесные материалы), топливо (уголь, торф, дрова) и другие грузы, не боящиеся атмосферного влияния.

Величина складского помещения или складской площади определяется по норме нагрузки на 1 м² различных грузов (тонн):

хлеб, крупа, овощи	0,80—0,90
сахар, соль	1,8
кожа, шкура, пенька, веревка	0,19
цемент	1,5
железо, сталь, чугун	1,15
железные изделия	0,5—0,75

Величина навалочных площадок определяется не только количеством груза, подлежащего складыванию, но и особыми условиями хранения, установленными для различных материалов и грузов.

Грузовые станции должны быть оборудованы таким образом, чтобы максимально облегчить все операции по погрузке и выгрузке.

Простейшими складскими устройствами являются открытые навалочные площадки. Эти площадки должны быть очищены от травы и мусора, утрамбованы и сделаны с небольшим уклоном от середины к краям для отвода дождевых вод. В отдельных случаях площадка полностью или частично замащивается булыжным или осколочным камнем.

В целях защиты грузов от грунтовых вод и лучшего отвода воды навалочные площадки оборудуются подтоварками (преимущественно для складывания лесных материалов) и деревянными настилами по подтоваркам для тарных грузов.

Открытая навалочная площадка, на которой предполагается только разгрузка вагонов и последующая отвозка груза на подводах, автомашинах и пр., может быть оборудована подпорной (габаритной) стенкой вдоль пути.

На трамвайных грузовых станциях могут применяться временные пути, которые укладываются по мере надобности к отдельным штабелям строительных материалов и топлива, а впоследствии снимаются.

Для штучных, тарных и тяжеловесных грузов следует устраивать платформы.

Платформы бывают каменные, деревянные и железобетонные. Поверхность платформ замащивается булыжником, покрывается асфальтом или деревянным настилом.

Высота платформы над головкой рельса принимается 1,1 м, если платформа предназначается для совмещенной работы трамвайных и железнодорожных вагонов и 1,0 м, если грузовые перевозки только в трамвайных вагонах.

Со стороны подъезда автогужевого транспорта высота платформы обычно составляет 0,8 м.

Ширина платформы принимается от 10 до 20 м; платформы, используемые для перегрузочных операций из одного вагона в другой и располагаемые между двумя путями, могут иметь ширину около 3 м.

В некоторых случаях может оказаться целесообразным устройство односкатных платформ и платформ с выездами для гужетранспорта.

Въезду придается уклон от 1 : 12 до 1 : 20.

Для защиты грузов от дождя устраиваются крытые платформы. Крыша их поддерживается стойками, поставленными вдоль продольных краев платформы, на расстоянии не меньше 2,5 м от края. При малых грузооборотах это расстояние может быть уменьшено до 1,5 м. Эта полоса (рампа) перекрывается свесом крыши, при чем со стороны пути свес не доходит до края платформы на 0,25 м, а со стороны гужтранспорта свисает за край не менее, чем на 2,0 м.

Такие же размеры имеют площадки вдоль платформы и свесы крыши, когда на платформе устраиваются закрытые складские помещения. Ширина закрытых складов (пакгаузов) принимается 12—18 м, откуда ширина платформы с пакгаузом должна быть не меньше 15—23 м. В концах платформы по ширине рампы устраивается лестница или наклонный спуск для въезда тележек.

Трамвайные грузовые станции целесообразно оборудовать облегченными механизмами.

Механизация должна обеспечивать:

а) ускорение погрузки и выгрузки и, в связи с этим, ускорение оборачиваемости вагонов и электровозов;

б) удешевление погрузки и выгрузки;

в) сокращение потребности в рабочей силе и увеличение производительности труда;

г) уменьшение фронта работ;

д) облегчение труда рабочих, увеличение безопасности труда и пр.

Для перемещения грузов на каждой грузовой станции необходимо иметь простейшие приспособления и механизмы.

К приспособлениям относятся катки, ломы, домкраты, лебедки, блоки, тележки и пр.

Для перемещения грузов на значительные расстояния с большой эффективностью можно использовать тележки различных типов, начиная от ручных тележек до электрокар.

Небольшие грузы перемещаются при помощи двухколесных тележек «медведок», а более громоздкие (или мелкие, но в большем количестве) — при помощи четырехколесных багажных тележек.

Рациональное применение в грузовых городских перевозках могут найти следующие механизмы:

1) транспортеры ленточные передвижные для перемещения сыпучих и штучных грузов и подъема их при погрузке;

2) краны разных типов, особенно стационарный кран-деррик с переменным вылетом грузоподъемностью от 1,5 до 8 т.

Применение передвижных кранов на рельсовом ходу целесообразно при больших грузовых потоках.

183. ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ ПО ТРАМВАЙНЫМ ПУТЯМ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНАХ

Пропуск железнодорожных товарных вагонов по трамвайным путям и совместное движение их с трамвайными вагонами возможны лишь при условии соответствующего приспособления трамвайных путей. Для организации совместного движения необходимо:

1) соблюдение габаритных условий расположения путей в проездах и приближения зданий и сооружений;

2) конструктивное приспособление трамвайных путей;

3) укладка спецчастей, допускающих прохождение вагонов обоих типов.

В трамвайных путях, приспосабливаемых для пропуска товарных железнодорожных вагонов, должны соблюдаться следующие габаритные нормы.

Ширина колеи в прямой и в кривых радиусом больше 75 м должна быть 1524 мм с допусками ±2 мм, а в кривых радиусом до 75 м включительно — 1530 мм.

Расстояние между габаритами (предельными очертаниями) железнодорожных товарных вагонов на двухпутных прямых участках пути в случае отсутствия мачт для подвески контактного провода на междупутьи должно быть не менее 400 мм, а в кривой — не менее 300 мм.

Расстояние между габаритом товарного железнодорожного вагона и очертанием мачты для подвески контактного провода, установленной на междупутьи, должно быть не менее 200 мм. Габаритные нормы приближения зданий и сооружений определяются, исходя из норм, установленных для трамвайных вагонов правилами технической эксплоатации трамваев НККХ РСФСР 1943 года (раздел I, глава III, § 8, пп. а, в, г, д, е, ж), и габаритной ширины железнодорожных товарных вагонов, равной 3350 мм (габарит № 1-В).

Наименьшее расстояние между осями путей на прямых участках определяется по указанным выше габаритным нормам и равно при отсутствии мачт на междупутьи — 3750 мм, а при наличии мачт — 4100 мм (диаметр мачты принимается 350 мм).

Расстояние между осями путей в кривых должно быть не меньше указанного в табл. 151.

Таблица 151

Расстояние между осями путей в кривых в метрах

Радиус кривой, м / Подвижной состав	40	50	60	75	100	150 и больше
Двухосный крытый вагон	3800	3770	3750	3750	3750	3750
Двухосные платформы . .	3908	3850	3820	3790	3750	3750
Четырехосный вагон . . .	4130	4060	3990	3910	3860	3750

В начале кривой и ответвления, а также на прямом участке пути, примыкающем к кривой и к ответвлению, на расстоянии 12 м от начала последних допускается уменьшение зазора между габаритами железнодорожных вагонов до 200 мм.

При этом условии расстояние между осями путей на данном участке может быть минимальным (3750 мм).

Установка мачт для подвески контактного провода на междупутьи на этом протяжении пути не допускается.

Ширина полотна трамвайного пути, приспособленного для пропуска железнодорожных товарных вагонов, измеряется по нормали к оси полотна между внешними габаритными границами этих вагонов в прямых и в кривых и устанавливается согласно табл. 152.

Таблица 152

Ширина полотна пути в метрах

Радиус кривой, м / Подвижной состав	больше 100	100	75	60	50	40
Двухосный крытый вагон .	7100	7160	7180	7200	7240	7300
Двухосная платформа . .	7100	7200	7280	7340	7400	7500
Четырехосный вагон . . .	7100	7420	7520	7680	7820	7960

Ширина проезда между тротуарами должна быть такой, чтобы между габаритами вагонов и полосой безрельсового транспорта оставался промежуток не менее 400 мм.

Если принять наименьшую ширину проезда под одну полосу движения с каждой стороны полотна трамвайного пути в 3,5 м, то минимальную ширину проезда между обрезами тротуаров составит от 15 до 16 м, а между линиями застроек — не менее 20 м.

Совмещенное движение трамвайных и железнодорожных вагонов может быть осуществлено только по путям, на которых уложены рельсы типа «Виньоль».

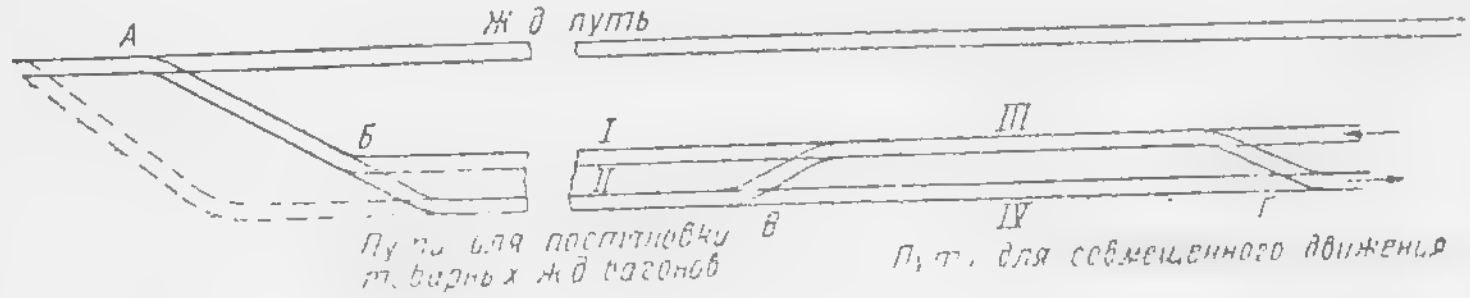
Замощение между рельсами и устройство примыкания камней замощения к рельсам должны допускать прохождение реборды бандажей товарных железнодорожных вагонов.

На участках трамвайных путей, приспособленных для пропуска железнодорожных товарных вагонов, допускается устройство кривых радиусом не менее 50 м, а в исключительных случаях 40 м, если вагоны снабжены сцепными приборами обычного типа с винтовой стяжкой и крюком, и не менее 75 м, если вагоны оборудованы стандартными автосцепками ИРТ-3. В исключительных случаях вагоны с автосцепами могут пропускаться по кривым радиусом 60 м.

Для передачи железнодорожных товарных вагонов на трамвайные линии и обратно на железнодорожную сеть должны быть устроены специальные промежуточные пути.

Количество и протяжение этих путей зависит от количества вагонов, ежедневно передаваемых на трамвайные линии, и местных условий организации движения.

На фиг. 249 приведена примерная схема промежуточ-



Фиг. 249. Схема примыкания ж.-д. пути к трамвайным путям.

ных путей и их примыкания к трамвайной и железнодорожной сетям.

Путь II предназначен для постановки вагонов, передаваемых с железнодорожных путей на трамвайную сеть, путь I — для постановки вагонов, передаваемых с трамвайной сети на железнодорожную.

По стрелкам *А* и *Б* железнодорожного типа могут проходить только железнодорожные вагоны и маневровые паровозы.

Переходы *В* и *Г* устроены из стрелок для совмещенного движения и по ним проходят железнодорожные вагоны и электровозы, а также моторные трамвайные вагоны.

Путь III между переходами В и Г предназначен для установки поезда с вагонами, подаваемыми с трамвайной сети, когда электровоз, находящийся в главе поезда, отцепляется и переводится по переходам *В* и *Г* в хвост поезда, подталкивая затем поезд на путь I. Длина пути III определяется наибольшим составом поезда.

Вагоны на путь II с железнодорожных путей подаются толкачом и отводятся по пути IV электровозом.

В случае большого грузооборота количество путей для постановки вагонов должно быть увеличено и устроено добавочное примыкание их к железнодорожной сети.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ

НОВЫЕ ТИПЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАМВАЯ

(краткие справочные данные) [1]

В 1947 году промышленностью начат выпуск новых типов вагонов:

1) двухосного моторного вагона типа КТМ-1,
2) двухосного прицепного вагона типа КТП-1,
3) четырехосного моторного вагона типа МТВ-82.

Двухосные трамвайные моторные и прицепные вагоны выпускаются Государственным союзным ордена Трудового Красного Знамени заводом имени С. М. Кирова.

Моторные и прицепные вагоны имеют цельнометаллические сварные кузова из прокатных и специально штампованных профилей. Оба вагона — бестележечного типа.

Моторный вагон оборудован двумя быстроходными тяговыми двигателями ДК-253-Б (мощность часовая 60 квт, 2000 оборотов в минуту).

Новые трамвайные вагоны рассчитаны на работу в поездах одновагонного, двухвагонного и трехвагонного составов.

Вагоны односторонние, пост управления — в головной части моторного вагона.

Вход пассажиров через заднюю и выход через переднюю площадку. На каждой площадке имеются две двустворчатые двери, закрывающие подножки. Двери управляются при помощи пневматического привода и могут открываться и закрываться раздельно. Вагоны имеют по две подножки.

Окна салон-вагона открываются путем подъема верхней части. Стекла окон укреплены при помощи специальной резины с замковым устройством. Рамы окон металлические.

Рессорное подвешивание — двойное из листовых рессор и спиральных пружин.

Тяговый двигатель подвешен эластично на раме кузова и расположен перпендикулярно к оси полуската.

Передача от тягового двигателя к оси моторного вагона осуществляется при помощи двухступенчатого редуктора, состоящего из цилиндрической пары шестерен с косым зубом, конической пары со спиральным зубом, а также карданного вала (передаточное число 13 : 28 и 17 : 63). Общее передаточное число 7,91819.

Весь редуктор собран в литом стальном картере на подшипниках качения. Буксы колесных пар — скользящие.

---

[1] Составлены инж. Г. А. Лучай.

Моторный вагон имеет три системы тормозов: служебный — воздушный, запасный — ручной и экстренный — электрический.

Прицепной вагон имеет две системы тормозов: служебный — воздушный и запасный — ручной. На моторном и прицепном вагонах применен клещевой тормоз.

Воздушный тормоз — прямодействующего типа, с приспособлением для автоматического затормаживания прицепных вагонов при разрыве поезда. Соединение воздушных магистралей моторного и прицепного вагонов осуществляется двойным междувагонным рукавом.

Сжатый воздух получается от мотор-компрессора типа Э-300. Давление в рабочих резервуарах принято 4,5 атм., в запасном — от 4,5 до 6,5 атм.

Моторный вагон оборудован, пневматическим приводом песочниц, пневматическим сигнальным звонком, пневматическим приводом подвагонной предохранительной сетки и стеклоочистителей.

Наружное и внутреннее освещение — электрическое от контактного провода, при последовательном включении в группу 5 ламп по 110 вольт.

Контроллеры — кулачкового типа МТ—1А. В дальнейшем предполагается установка специальных кулачковых контроллеров с 12 пусковыми позициями. Упряжные приборы — типа рукопожатия.

Основные данные по моторному и прицепному вагонам приведены в следующей таблице:

№ п/п		Моторный вагон	Прицепный вагон
1	Длина вагона (по обшивке)	9760 мм	9460 мм
2	Длина вагона по отбойным буферам	9940 „	9640 „
3	Ширина вагона по наружному габариту	2500 „	2500 „
4	База вагона	3400 „	3400 „
5	Высота от головки рельсов до верха крыши	3055 „	3055 „
6	Высота от головки рельсов до верха пола	830 „	830 „
7	Высота от пола до потолка	2170 „	2170 „
8	Высота первой ступеньки	350 „	350 „
9	Количество ступеней	2 „	2 „
10	Ширина дверного проема	720 „	720 „
11	Диаметр колеса	780 „	780 „
12	Диаметр шейки оси	95 „	95 „
13	Количество мест для сидения * . . .	16	15
14	„ „ для стояния . . .	100	108
15	Максимальная скорость	40 км/час	—
16	Тара вагона	12,5 т	8,0 т

При эксплоатации новых трамвайных вагонов должны соблюдаться следующие основные требования:

---

* Вагоны выпускаются двух типов: с одинарными диванами и со смешанным расположением диванов: с левой стороны двойные, с правой — одинарные. Выше приведены данные для первого варианта.

I. По редуктору

1. Перед пуском в эксплоатацию и через каждые 3000 км пробега проверять уровень масла.

2. Полную замену масла производить через каждые 12000 км.

3. Для смазки редукторов применять: в зимнее время автол 18 (ГОСТ 1862—42) или цилиндровое масло 2 (ГОСТ 1841—42), в летнее время масло цилиндровое 6 (ГОСТ 3190—46).

II. По мотор-компрессору

1. Перед пуском в эксплоатацию и через каждые 10—12 дней работы проверять уровень масла.

2. Для смазки употреблять: в зимнее время масло марки Л (ГОСТ 32—42), в летнее время масло марки Т(ГОСТ 1861—44).

* * *

Вторым типом трамвайного вагона, выпускаемого промышленностью является четырехосный вагон типа МТВ-82.

Основные данные вагона:

1.	Полный вес вагона (тара)	19500 кг
2.	Вес двух тележек типа 2-ДС	11000 „
3.	Вес кузова с рамой и оборудованием	8500 „
4.	Длина вагона по листам	13445 мм
5.	Ширина вагона по листам боковой обшивки . .	2550 „
6.	База вагона	6375 „
7.	База тележки	1800 „
8.	Высота пола кузова над головкой рельсов . . .	980 „
9.	Высота первой ступени от головки рельсов . .	430 мм
10.	Высота вагона от головки рельса до верха крыши	3060 „
11.	Высота кузова от пола до потолка	2020 „
12.	Размеры входных и выходных дверей (в свету) .	670 „
13.	Число дверей	4
14.	Вместимость вагона при среднем наполнении . .	113 чел.
15.	Число мест для сидения	42

Вагон имеет цельносварную раму из продольных и поперечных балок.

Основные продольные балки рамы кузова изготовляются из швеллера № 26, балки рам площадок — из швеллеров № 18 и № 12. Шкворневые балки изготовляются сварными из полосовой стали толщиной 18—20 мм.

Тележки типа 2-ДС имеют цельносварную раму, состоящую из двух продольных и двух поперечных балок. Балки рамы тележки — пустотелые и соединены между собой при помощи электросварки. Тележки имеют двойное рессорное подвешивание, состоящее из эллиптических рессор и буксовых пружин.

Вагоны оборудуются четырьмя сериесными тяговыми двигателями.

Последние выпуски вагонов оборудованы быстроходными тяговыми двигателями типа ДК-253А; передача в этом случае осуществляется редуктором с одинарной косозубой передачей и карданным валом.

На вагонах установлены контроллеры кулачкового типа; токосъем осуществляется пантографом типа ДГ-12.

Вагоны оборудуются прямодействующим воздушным тормозом. Питание воздушной системы — от мотор-компрессора типа ТКВ-1.

Вагоны имеют три вида тормозов:

1) колодочно-бандажные с пневматическим приводом;

2) ручной с приводом на общие с пневматическим тормозом колодки;

3) электродинамическим тормозом.

Служебный тормоз — пневматический.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
39	9 снизу	в вагоне	в парке
85	5 сверху	шпально-щебеночных	шпально-песчаных
142	14 сверху	влияние	виляние
157	Подпись под фиг. 71	*5* — войлочное укрепление;	*5* — войлочное уплотнение,
163	13 и 2 снизу	$\leqslant 3\%$; $L_1 \frac{L-k}{2}$	$\leqslant 5\%$; $L_1 = \frac{L-k}{2}$
164	4 снизу	показывается	называется
185	Табл. 60, 6 графа, 5 строка снизу	16,5	46,5
188	Таблица 61	—	Обозначение размеров: *А* — наружный диаметр с фланцем; *Б* — длина цилиндра; *Д* — внутренний диаметр; *в* — толщина стенки. В 5-й графе — размеры „8“ и „10“ в дюймах
200	Таблица 65	—	Графы 3—6 относятся к часовому режиму; 7—10 — к длительному режиму.
223	21 сверху	напора	капора
228	Табл. 78: последн. строка граф 4 и 7	70; 190	75; 90
246	18 и 23 сверху	b_1; b_2	b'_1; b'_2
247	4 сверху	9′	9
260	15 снизу	60 мм	600 мм
868	7 снизу	$0{,}0013n + 0{,}005S$	$0{,}00813n + 0{,}0065S$
283	Табл. 92,5 сверху	Гардеробная (для общей вешалки)	Душевая
350	8 сверху	$\frac{R}{l_2}$	$\frac{R}{l_1}$
357	19 сверху	$\sqrt{\frac{\Sigma L^2}{\Sigma l}}$	$\sqrt{\frac{\Sigma l \cdot L^2}{\Sigma l}}$
393	28 сверху	l	l_∞
405	10 снизу	воздуха 15° С, а	воздуха 25° С, а
407	фиг. 239 и 240	—	Подписи под фигурами подлежат взаимной перестановке.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Раздел I

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

1. Измерители работы трамвайных предприятий 6
2. Определение ожидаемого количества пассажиров 12
3. Определение средней длины поездки 14
4. Пассажиропотоки, обследования их и расчеты 16
5. Сравнительная характеристика основных видов городского общественного транспорта 20
6. Определение типов и количества потребного подвижного состава 23
7. Пропускная способность узлов 26
8. Пропускная способность остановочных пунктов 28
9. Себестоимость перевозок 30

Раздел II

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАМВАЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

10. Производственные задачи службы движения 32
11. Скорость движения и ее изменения 33
12. Устройство конечных пунктов 35
13. Маршрутные системы, маршрутный и стрелочный коэффициенты 36
14 Выбор длины маршрута 38
15. Наряд вагонов 38
16. Расписание движения 40
17. Время пробега рейса 41
18. Интервалы 42
19. Регулярность движения 43
20. Диспетчерская система управления движением поездов на линии 44
21. Типовая структура и персонал диспетчерской системы . . 45
22. Технические средства диспетчерской системы 46
23. Причины расстройства регулярного движения и способы его восстановления 49
24. Маневровая работа на линии 50
25. Система тарифов 52
26. Сбор платы и контроль 53
27. Сигнализация для трамвайного движения 55
28. Классификация, учет и статистика аварий и случаев травматизма 58

Раздел III

ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

29. Ширина колеи, расстояние между осями пути и междупутья 60
30. Расположение путей в плане, продольные и поперечные уклоны 61
31. Нормы расположения и конструкции путей 63
32. Нормы расположения путей на общем полотне 67
33. Нормы расположения путей на обособленном полотне . . 68
34. Нормы расположения путей на загородных вылетных линиях 70
35. Взаимное расположение трамвайных путей и подземных сооружений 71
36. Рельсы 71
37. Скрепления 75
38. Каменные материалы 80
39. Шпалы 81
40. Типы основания трамвайных путей 82
41. Шпально-песчанное основание 84
42. Шпально-щебеночные и пакеляжные основания 85
43. Шпально-бетонные основания 86
44. Бесшпальные основания 87
45. Выбор типа основания 88
46. Верхнее строение трамвайных путей 89
47. Рельсовые стыки 89
48. Сварка рельсов 91
49. Пути в кривых (нормальные радиусы) 95
50. Уширение колеи в кривых 95
51. Уширение междупутья 96
52. Повышение наружного рельса в кривых 97
53. Контррельсы и рельсы Феникс с усиленной губой 98
54. Переходные кривые 100
55. Приспособление трамвайных путей для пропуска железнодорожных товарных вагонов 101
56. Устройство и виды узлов, специальные части 102
57. Стрелочные переводы 103
58. Конструкции стрелок и крестовин 105
59. Сборные стрелки и крестовины 107
60. Пересечения трамвайных путей с железнодорожными . . . 108
61. Водоотводные сооружения на трамвайных путях 109
62. Дренаж 112
63. Замощение трамвайных путей 113
64. Эксплоатационные работы по трамвайным путям 117
65. Нормы сроков службы и амортизация трамвайных путей . 118
66. Номенклатура работ, проводимых при осмотре пути . . . 121
67. Механизированные стрелки 121

Раздел IV

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

68. Классификация подвижного состава по типам 125
69. Размеры вагонов 126
70. Конструкция кузова 126

71. Ремонт кузова 135
72. Окраска и промывка вагонов 138
73. Тележки вагонов 141
74. Ремонт тележек 143
75. Колесные пары 146
76. Ремонт и содержание колесных пар 154
77. Буксы и подшипники 156
78. Смазка вагонных узлов 159
79. Рессоры и пружины 162
80. Ремонт рессор 166
81. Тяговые и сцепные приборы 166
82. Механические тормоза 169
83. Тормозные параметры 171
84. Детали тормозной системы 174
85. Пневматические тормоза 176
86. Прямодействующий тормоз 176
87. Автоматический тормоз 178
88. Комбинированный тормоз 180
89. Компрессоры 181
90. Приборы пневматических тормозов 183
91. Испытание приборов пневматических тормозов 187
92. Электрическое торможение 190
93. Тяговые двигатели 194
94. Мощность тягового двигателя и его характеристика . . . 194
95. Регулирование скорости вращения сериесного двигателя постоянного тока 201
96. Конструкции трамвайных двигателей 202
97. Испытание тяговых двигателей 209
98. Ремонт тяговых двигателей 218
99. Изоляционные материалы для тяговых двигателей 223
100. Аппараты управления 223
101. Электромагнитные и линейные контакторы 232
102. Сопротивления 236
103. Шунты 242
104. Расчет ступеней пусковых сопротивлений (процесс пуска) 243
105. Расчет ступеней при реостатном торможении 248
106. Графический способ расчета торможения двигателя на сопротивление 250
107. Автоматические выключатели 252
108. Силовой предохранитель 255
109. Рубчатые предохранители 255
110. Разрядники и радиореакторы 256
111. Токоприемники 257
112. Освещение и отопление вагонов 260
113. Вагонная сигнализация 263
114. Основные законы движения трамвайных поездов 266
115. Удельное сопротивление движению 269

Раздел V

ТРАМВАЙНЫЕ ПАРКИ (ДЕПО) И ВАГОНОРЕМОНТНЫЕ МАСТЕРСКИЕ

116. Классификация парков 273
117. Коэффициент использования подвижного состава 276

118. Системы ремонтов подвижного состава 277
119. Нормы для расчета производственных, подсобных и бытовых помещений в парке (депо) 281
120. Типы вагоноремонтных мастерских и заводов 287
121. Цехи и помещения вагоноремонтных мастерских 289

Раздел VI

КАБЕЛЬНАЯ СЕТЬ

122. Коммутационные схемы питания трамвайных сетей . . . 291
123. Конструктивное выполнение питания и отсасывания трамвайных сетей 293
124. Испытания и повреждения кабелей 303
125. Отсасывающие сети 304
126. Мероприятия по борьбе с электролизом 306
127. Контрольные измерения 307
128. Измерения и испытания сетей 313
129. Определение мест повреждения кабелей 316

Раздел VII

КОНТАКТНАЯ СЕТЬ ТРАМВАЯ

130. Высота подвески контактного провода 322
131. Нормальный пролет при простой подвеске 322
132. Деревянные опоры 323
133. Металлические опоры 325
134. Кронштейны 328
135. Контактный провод 330
136. Стальная проволока и трос 333
137. Арматура контактной сети 335
138. Виды подвески контактной сети 343
139. Виды специальной подвески контактного провода 346
140. Пересечения контактного провода с городскими воздушными электросетями 348
141. Измерение изоляции контактной сети 349
142. Электрический расчет трамвайной сети 351
143. Данные для расчета трамвайной сети 353
144. Расчет рельсовой сети 355
145. Определение местоположения и количества подстанций . . 356
146. Расчет отсасывающих фидеров 358
147. Расчет контактной сети 359
148 Расчет питающих фидеров 360
149. Определение мощности подстанции 360

Раздел VIII

ТЯГОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ

150. Классификация подстанций 362
151. Применение одноякорных преобразователей 362
152. Принцип действия ртутного выпрямителя 366
153. Компаундирование выпрямителей 367

154. Конструкции ртутных выпрямителей 368
155. Вакуумная система 373
156. Зажигание и возбуждение 379
157. Охлаждение металлических РВ 380
158. Основные элементы электрической схемы трамвайной подстанции 383
159. Токи короткого замыкания 386
160. Масляные выключатели 389
161. Разъединители 393
162. Трансформаторы тока 395
163. Трансформаторы напряжения 398
164. Предохранители высокого напряжения и добавочные сопротивления 400
165. Защита от перенапряжения 401
166. Ошиновка, кабели и изоляторы 402
167. Релейная защита 407
168. Быстродействующие и максимальные автоматы 409
169. Собственные нужды подстанций 412
170. Защитное заземление 415
171. Пуск и остановка ртутных выпрямителей 418
172. Обслуживание выпрямителя во время работы 420
173. Осмотр ртутных выпрямителей 421
174. Формовка ртутных выпрямителей 423
175. Аварии с ртутными выпрямителями 426
176. Аварии с силовыми трансформаторами 429
177. Аварии с аппаратурой высокого напряжения 431
178. Аварии с аппаратурой 600 в. 432
179. Учет и потери электроэнергии на подстанциях 433

Раздел IX

ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ НА ТРАМВАЕ

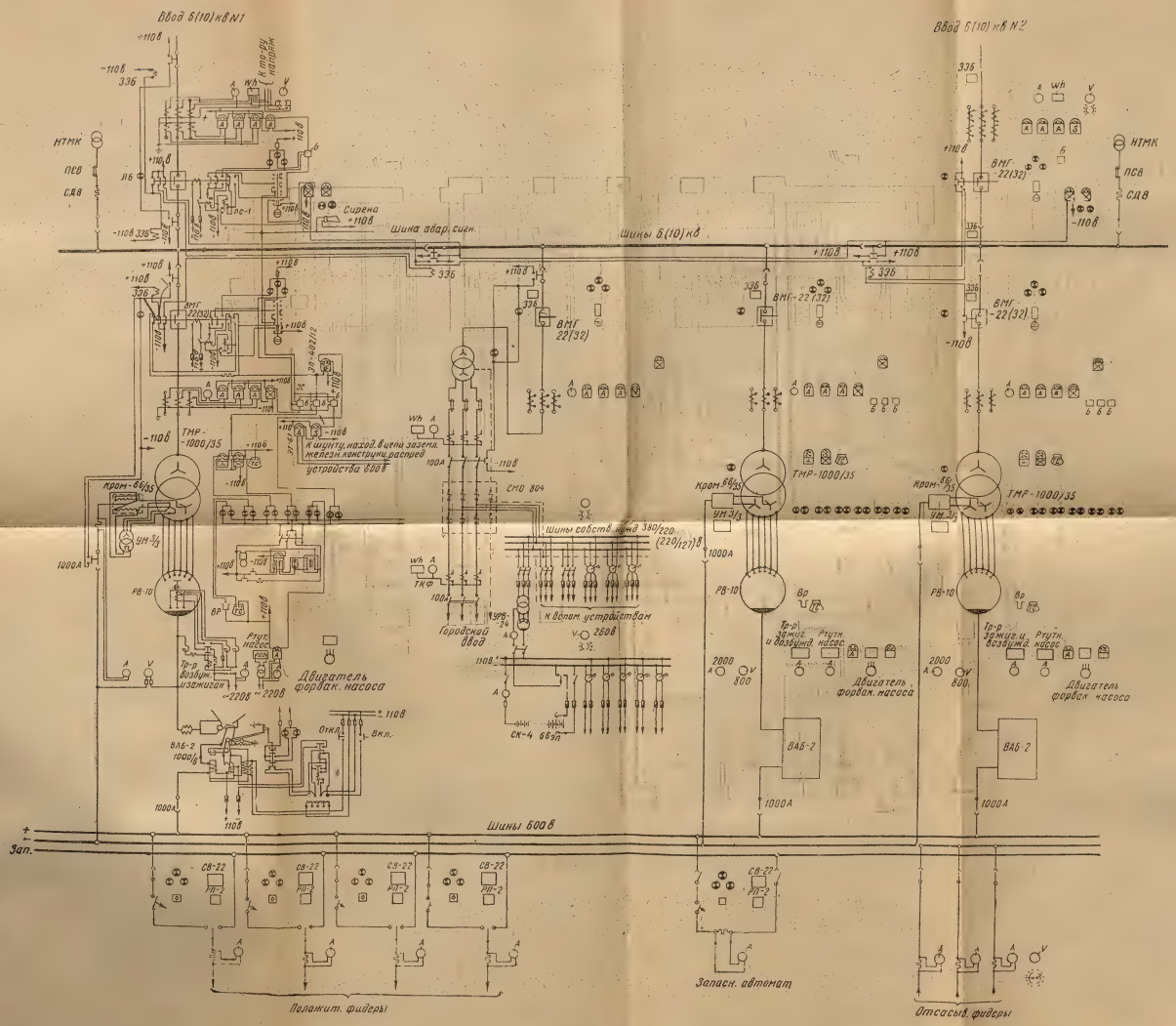
180. Подвижной состав для грузовых перевозок 435
181. Организация перевозок грузов 437
182. Погрузочно — разгрузочные устройства 438
183. Грузовые перевозки по трамвайным путям в железнодорожных вагонах 441
Приложение. Новые типы подвижного состава трамвая (краткие справочные данные) 447

Редактор К. К. Клопотов
Техн. редактор Е. Петровская

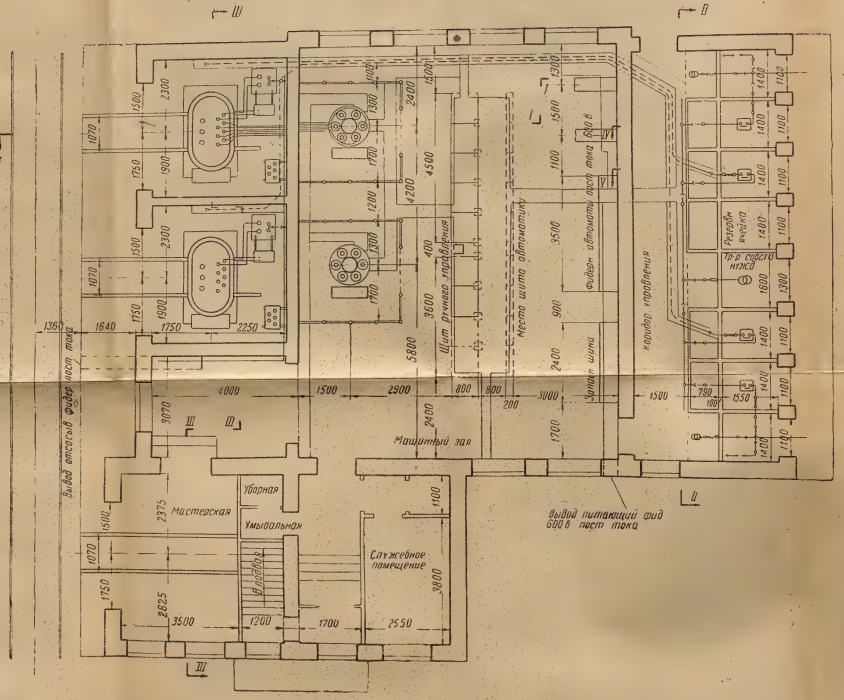
Тираж 3000.

Сдано в набор 23/VIII 1947 г. Подписано к печати 27/VII 1948
М-16642. Форм. бум. 60 × 92 1/16. · Печ. л. 28,5 + 1 вкл. Печ. знаков
в 1 печ. л. 39008. Учетно-изд. л. 31,25. Зак. № 1364. Изд. № 327.

4-я типография им. Евг. Соколовой треста «Полиграфкнига» ОГИЗа
при Совете Министров СССР, Ленинград, Измайловский пр., 29



Фиг. 228. Схема электрических соединений ртутно-выпрямительной подстанции.



Фиг. 229. План ртутновыпрямительной подстанции.

Цена 26 р.